A4

Rev.	Data	Descrizione
P01	31/10/2025	Permesso di Costruire

Comune di
Zibido San Giacomo

Progettazione masterplan, Progettazione architettonica, Progettazione ingegneristica

ARUP

Arup Italia S.r.l.

Corso Italia 1 - 20122 Milano, Italia
t. +39 02 8597 9301
e. milan@arup.com
www.arup.com

Consulenti specialistici:

Prevenzione incendi

Studio Mistretta & Co.

Ing. Silvestre Mistretta
Via Canova 25 - 20145 - Milano
t. +39 02 83533741
e. info@studiomistretta.org

Invarianza idraulica e interferenze

STIGEA

STIGEA S.r.l.
Via Irnerio 10 - 40126 Bologna
t. +39 051 247777
e. info@stigeasrl.it

Requisiti acustici passivi

ambiente

Ambiente S.p.a.
Via Frassina 21 - 54033 - Carrara (MS)
t. +39 05 85855624
e. home@ambientesc.it

Fattibilità ambientale

ERM

ERM Italia S.p.a.
Via San Gregorio 38 - 20124 - Milano
t. +39 02 674401
e. info.italy@erm.com

Sottostazione Alta Tensione

GEOTECH S.r.l.

Geotech S.r.l.
Via Tomaso Nani 7 - 23017 - Morbegno (SO)
t. +39 03 42610774
e. info@geotech-srl.it

BRUNO MATTEO
2025.12.18 21:39:42
CN=BRUNO MATTEO
C=IT
2.5.4.4=BRUNO
2.5.4.42=MATTEO

Committente

Amazon Data Services Italy S.r.l.

Progetto

PERMESSO DI COSTRUIRE
art. 10(L), D.P.R. 6 Giugno 2001, n° 380

Progetto di Data Center
in Via G. Verdi n° 9, Zibido San Giacomo, Milano, Italia

Fase progettuale:

Permesso di Costruire

Titolo Elaborato

Relazione Geotecnica

Scala

Disciplina	By / Chkd / Appd
General	FM/FB/VM
Arup Job No	**Rev**
306134-00	P01

Tav. No
Z-G-PDC-REL-XX-04

© Arup

Contents

1.	Introduzione	4
2.	Documenti di riferimento	4
3.	Il sito	5
3.1	Quadro geografico	5
3.2	Geologia e idrogeologia	6
4.	Campagne di sondaggi	7
4.1	Campagna di sondaggi (Schinelli Consulting, 2025)	7
4.2	Campagna di sondaggi (Arcadis, 2023-2024)	8
4.3	Campagna di sondaggi (SoilData Services, 2014)	9
4.4	Campagna di sondaggi (RCT, 2001)	9
5.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	10
5.1	Stratigrafia e livello di falda	10
5.2	Risultati dei test di laboratorio	12
5.3	Risultati delle indagini in situ	14
5.4	Determinazione dei parametri geotecnici	19
6.	Stratigrafia di progetto e parametri geotecnici	31
7.	Inquadramento sismico	33
7.1	Sismicità storica e contesto geodinamico	33
7.2	Sismicità di base della zona	33
7.3	Determinazione Vs30	34
7.4	Parametri sismici	35
8.	Rischio di liquefazione	36
9.	Progettazione delle fondazioni	37
9.1	Valutazioni quantitative preliminari	37
9.2	Fondazioni superficiali	38
9.3	Fondazioni profonde	39
10.	Conclusioni	43
11.	Riferimenti normativi	44
12.	Riferimenti bibliografici	45

Appendices

A.1	Campagna geognostica– Schinelli, 2025	2
A.2	Campagna geognostica– Arcadis, 2023-2024	3
A.3	Campagna Geognostica – SoilData services 2014	4

1. Introduzione

Il presente documento, predisposto da Arup Italy S.r.l., per conto del Cliente Amazon Data Services (di seguito "ADS"), costituisce la relazione geotecnica per il progetto Edificio A, consistente nella realizzazione di un nuovo Data Center nel comune di Zibido San Giacomo.

Lo scopo del presente documento è quello di definire il modello geotecnico per il sito in oggetto al fine della progettazione delle fondazioni degli edifici di progetto. Per una descrizione dettagliata dei lavori previsti si rimanda alla relazione tecnica di progetto [2].

Figura 1 Zona di intervento prevista da progetto evidenziata in rosso.

2. Documenti di riferimento

[1] Arup (2025), Relazione Geologica R1+R3, Z-G-PDC-REL-XX-04

[2] Arcadis (2024), Zibido San Giacomo Site Due Diligence Report

[3] SoilData Services (2014), Progetto Pozzo Moirago 1DIR Relazione Geologico-Geotecnica (Caratterizzazione Geotecnica dei Terreni di Fondazione e Analisi di Liquefazione)

3. Il sito

3.1 Quadro geografico

L'area di studio è situata nel paese di Zibido San Giacomo in provincia di Milano, a circa 20 chilometri dal centro del capoluogo lombardo, in un contesto prevalentemente agricolo, caratterizzato dalla presenza estesa del Parco Agricolo Sud di Milano. Il territorio di Zibido San Giacomo è prevalentemente pianeggiante, tipico della Pianura Padana. Si riporta in Figura 2 l'inquadramento del sito e in Figura 3 la Carta Tecnica Regionale (CTR).

Figura 2 Ortofoto dell'area di studio, in rosso il perimetro dell'area indagata

Figura 3 Corografia – CTR, in rosso il perimetro dell'area indagata

3.2 Geologia e idrogeologia

Il territorio del Comune di Zibido San Giacomo (MI) ricade all'interno del Foglio n. 45 "Milano" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

Dal punto di vista geologico, il comune di Zibido San Giacomo è caratterizzato da depositi quaternari di origine fluvioglaciale, riconducibili al Fluvioglaciale Würm. Questi depositi sono costituiti da materiali sciolti composti principalmente da sabbie, ghiaietti e limi sabbiosi e argillosi, disposti in alternanze stratificate o in corpi lenticolari di varia estensione e spessore. Localmente, sono presenti anche banchi argillosi. Tali sedimenti rappresentano la frazione medio-grossolana dei depositi pleistocenici superiori, accumulatisi nella Valle Padana durante la fase parossistica dell'ultima glaciazione würmiana.

Dal punto di vista idrogeologico, le quote piezometriche assolute in prossimità dell'area di studio oscillano tra un valore massimo di circa 110 m s.l.m. e un minimo di 97.5 m s.l.m, sulla base dei dati rilevati nei mesi di maggio e settembre del 2014. L'oscillazione stagionale della falda mostra un'escursione compresa tra 2 e 3 metri nella maggior parte del territorio. L'alimentazione della falda superficiale è influenzata dall'afflusso da monte, dal regime meteorico e dal sistema irriguo del reticolo artificiale di bonifica, il quale, attraverso l'alternanza tra periodi irrigui e di asciutta, condiziona le oscillazioni del livello della falda in un'ampia fascia del territorio.

Dai dati rilevati nel corso delle campagne geognostiche dal 2014 ad oggi, il livello della falda acquifera nell'area di progetto risulta compreso tra 98,5 e 98,7 m s.l.m., corrispondente a una profondità variabile tra 1,7 e 1,9 m rispetto al piano campagna. L'analisi delle misurazioni indica una direzione di flusso orientata da nord-ovest verso sud-est.

Dalle misurazioni del livello della falda si osserva che il valore massimo di soggiacenza registrato è stato pari a 1,24 m dal piano campagna il 18/01/2024, mentre il valore minimo ha raggiunto -2,09 m il 19/12/2024. Tuttavia, tali dati non consentono di ricostruire con certezza la stagionalità dell'andamento piezometrico. Ne consegue che, durante i mesi estivi, in concomitanza con un aumento del livello della falda dovuto all'intensa attività irrigua, potrebbero verificarsi valori di falda superiori rispetto a quelli rilevati.

Per maggiori dettagli sul quadro geologico, idrogeologico e sismico del sito si rimanda alla Relazione Geologica [1] relativa al sito in questione.

4. Campagne di sondaggi

Il presente documento è stato redatto sulla base della Relazione Geologica e dei suoi allegati [1]. Nel corso del tempo sono state condotte quattro distinte campagne di indagine:

- Schinelli Consulting, 2025: campagna di indagine svolta per conto di Arup per attività di progettazione;
- Arcadis, 2023-2024: campagna di indagini integrative svolta nella fase di Due Diligence;
- SoilData Services, 2014: campagna indagini preliminare.
- RCT Srl, 2001: ulteriore campagna indagini preliminare.

Ai fini dell'interpretazione dei risultati del sito, si è fatto riferimento anche ai seguenti documenti:

- Site Due Diligence, Arcadis (2024) [2];
- Relazione Geologica-Geotecnica, SoilData Services (2014) [3], inclusa in [2].

4.1 Campagna di sondaggi (Schinelli Consulting, 2025)

Di seguito sono elencati i test in situ e di laboratorio previsti dalla campagna indagine del 2025 effettuata da Schinelli Consulting per conto di Arup; la loro ubicazione è indicata in Figura 4.

- N°1 carotaggi in continuo fino a 50 m di profondità (BH4);
- N°3 carotaggi in continuo fino a 35 m di profondità (BH1, BH2 e BH3);
- Prove di penetrazione standard (SPT) in foro;
- Installazione di piezometri a tubo aperto nei fori BH1, BH3 e BH4;
- N°2 prove di permeabilità tipo Lefranc;
- N°1 "Slug test" nel piezometro nel foro;
- N°2 Campionamento di acque per analisi chimiche sull'aggressività nei confronti del calcestruzzo;
- N°6 trincee esplorative;
- N°10 prove di carico su piastra;
- N°4 prove di resistività elettrica;
- N°4 prove di resistività termica;

Sono stati raccolti campioni geotecnici per le analisi di laboratorio:

- N°2 determinazioni del peso volumetrico;
- N°2 determinazioni dei limiti di Atterberg e contenuto d’acqua
- N°2 prove triassiali (TxCD);

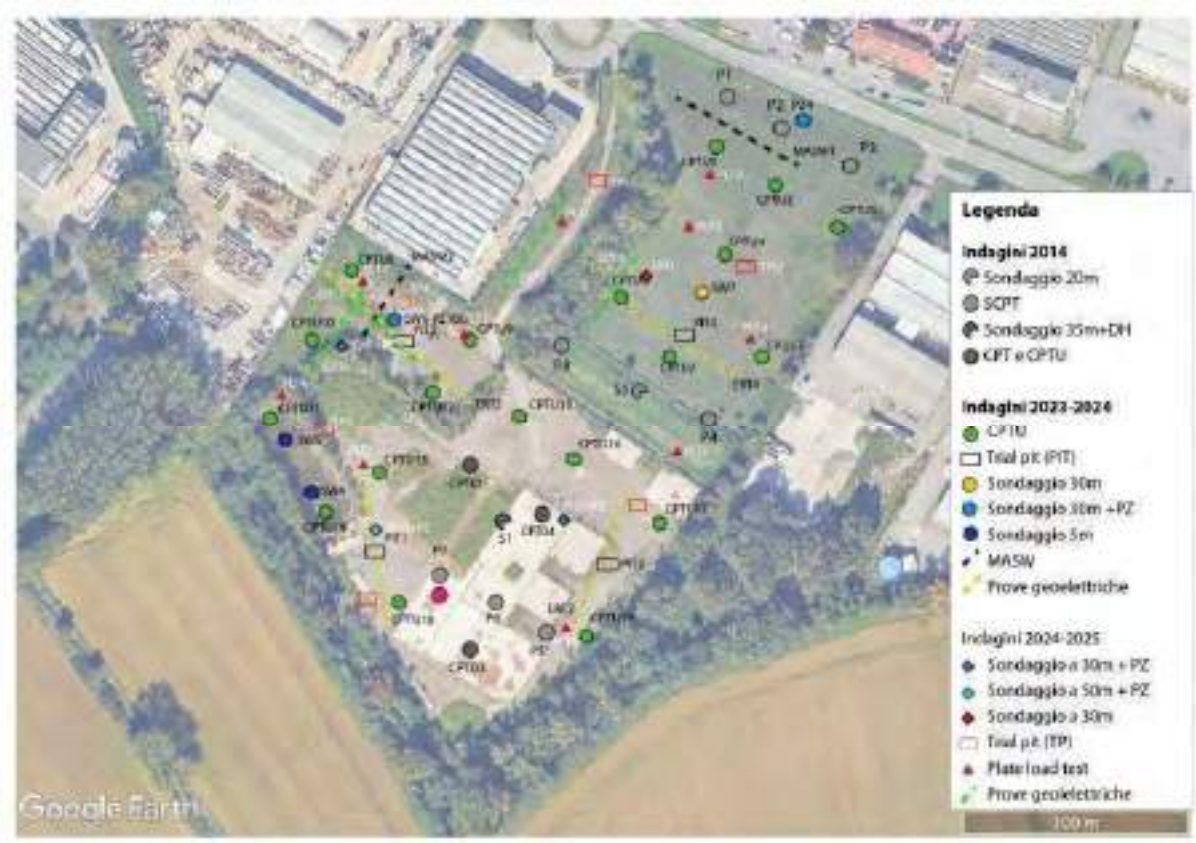


Figura 4 Posizioni dei sondaggi (Schinelli Consulting, 2025 e indagine preliminare)

4.2 Campagna di sondaggi (Arcadis, 2023-2024)

Di seguito sono elencati i test in situ e di laboratorio effettuati nel 2023-2024 da Arcadis; le relative ubicazioni sono indicate in Figura 4.

- N°2 carotaggi in continuo fino a 5 m di profondità (Sw4 e Sw5);
- N°3 carotaggi in continuo fino a 30 m di profondità (Sw6, Sw7 e PZ4);
- N°66 Prove di Penetrazione Standard (SPT) in foro;
- N°19 Prove statiche penetrometriche con piezocono (CPTU)
- N°5 prove di permeabilità tipo Lefranc (N°2 in Sw6, N°2 in Sw7 and N°1 in PZ4);
- N°2 test di Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (MASW);
- N°2 prove HVRS;
- N°4 prove di resistività elettrica;
- N°4 prove di resistività termica;

Sono stati raccolti 25 campioni geotecnici per le analisi di laboratorio geotecnico:

- N°25 distribuzione granulometrica (PSD);
- N°10 limiti di Atterberg;
- N°4 prove triassiale drenate (TxCD).
- N°4 prove edometriche;

4.3 Campagna di sondaggi (SoilData Services, 2014)

Di seguito sono riportati i test in situ e di laboratorio effettuati nel 2014 da SoilData Services; la loro ubicazione sono indicate nelle Figura 4 e Figura 5:

- N°1 carotaggi in continuo fino a 35 m di profondità dal suolo (S1_2014);
- N°4 Prove statiche penetrometriche (N°1 con piezocono);
- N°1 prove sismiche Down-Hole (S1_2014);
- N°2 profili sismici tomografici;

Sono stati raccolti 7 campioni geotecnici per le analisi di laboratorio geotecnico:

- N°7 distribuzione granulometrica (PSD);
- N°3 limiti di Atterberg.

Figura 5 Posizioni dei sondaggi (SoilData Services, 2014)

4.4 Campagna di sondaggi (RCT, 2001)

Di seguito sono riportati i test in situ e di laboratorio effettuati nel 2001 da RCT; la loro ubicazione è indicata in Figura 5 insieme a quelli eseguiti da SoilData Services:

- N°1 carotaggi in continuo fino a 20 m di profondità dal suolo (S1_2001);
- N°13 Prove di Penetrazione Standard (SPT) in foro;
- N°8 prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT);

5. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

5.1 Stratigrafia e livello di falda

Sulla base delle indagini effettuate e su quanto sottolineato nella Relazione Geologica [1] è stata definita una stratigrafia specifica per il sito (Figura 8).

Come anticipato nel paragrafo 3.2, il livello della falda a breve termine è stato osservato a profondità variabili tra 1m e 2 m da piano campagna. Tuttavia, la falda a lungo termine potrebbe arrivare a piano campagna.

Sebbene esistano variazioni laterali degli spessori e delle caratteristiche litologiche dal punto di vista stratigrafico (Figura 6 e Figura 7), si è ritenuto utile sintetizzare i risultati delle analisi stratigrafiche in un'unica stratigrafia. Questo modello semplificato, mostrato nella figura seguente, rappresenta la stratigrafia progettuale scelta per il sito. Ai fini della progettazione, è stato considerato un valore medio del livello di piano campagna di 101 m s.l.m.

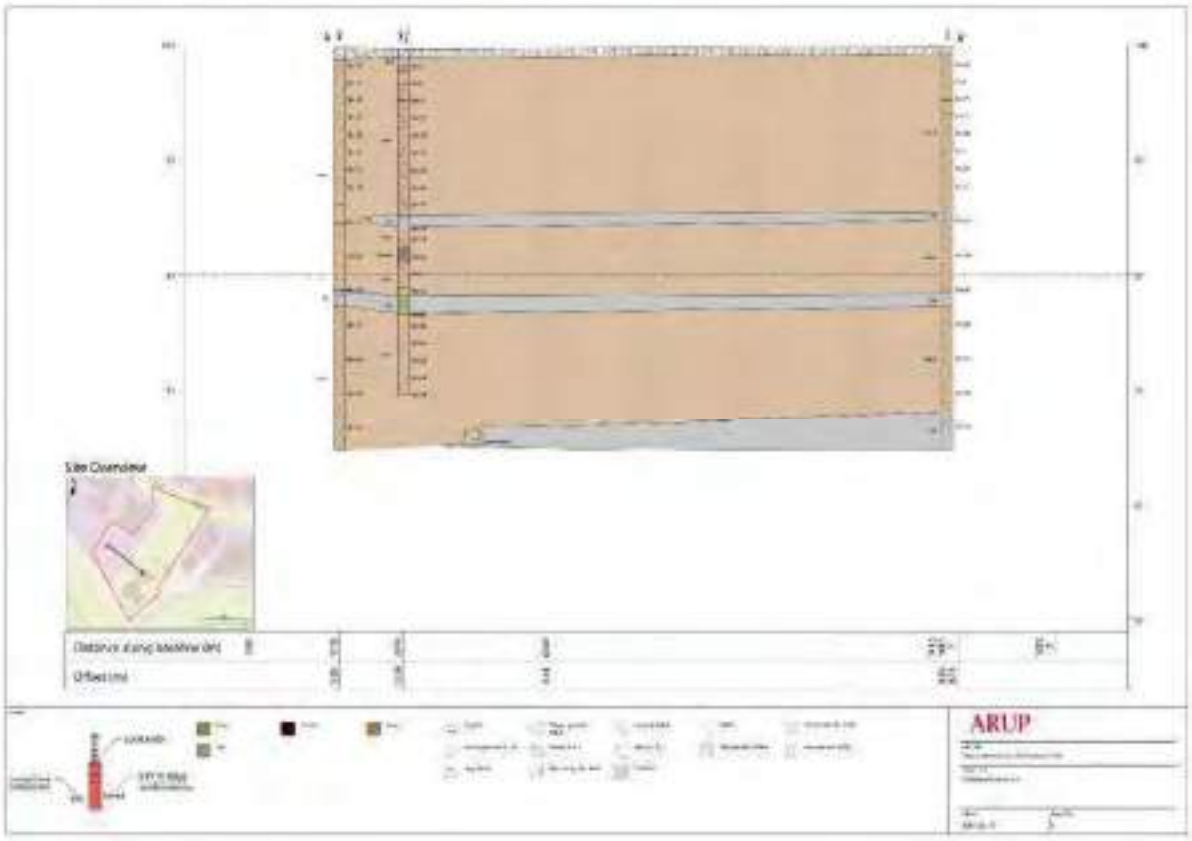


Figura 6 Schema della stratigrafia geologica, sezione A-A'

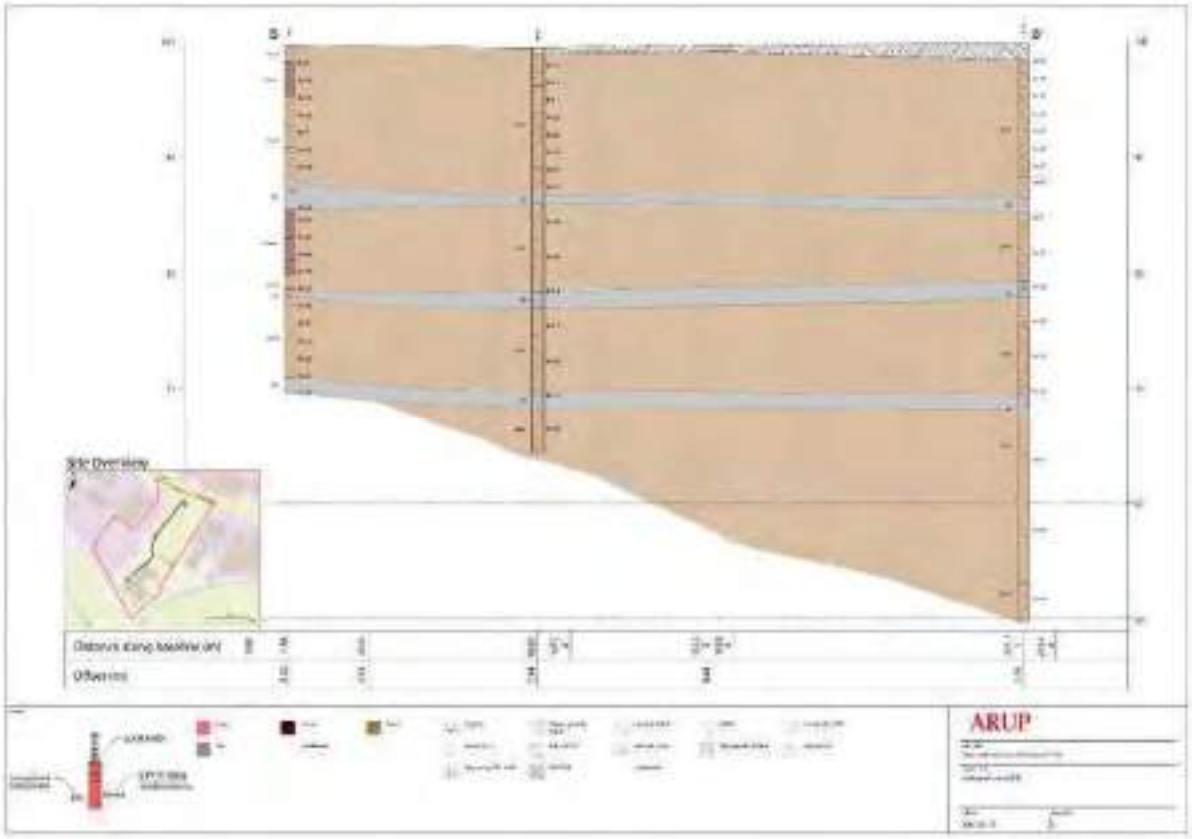


Figura 7 Schema della stratigrafia geologica, sezione B-B'

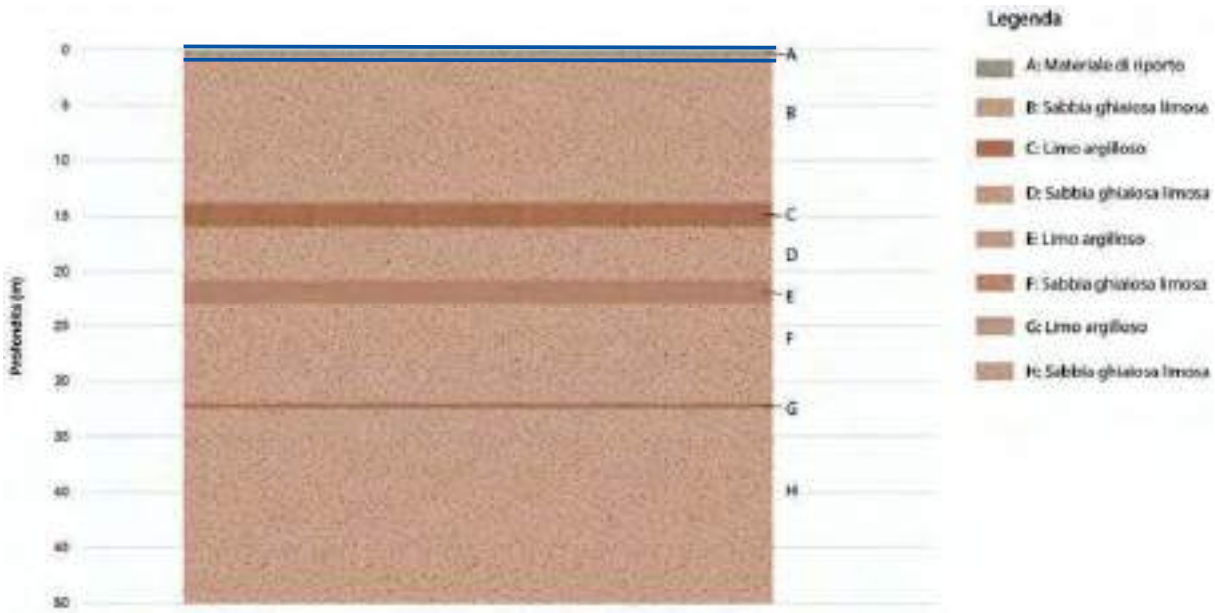


Figura 8 Stratigrafia di progetto

Tabella 1 Stratigrafia di progetto

ID livello	Livelli (classificazione AGI)	Profondità tetto (m)	Profondità base (m)	Quota tetto (mslm)	Quota base (mslm)
A	Materiale di riporto	Variabile		Variabile	
B	Sabbia ghiaiosa limosa	0.0	14.0	101.0	87.0
C	Limo Argilloso	14.0	16.0	87.0	85.0
D	Sabbia ghiaiosa limosa	16.0	21.0	85.0	80.0
E	Limo argilloso	21.0	23.0	80.0	78.0
F	Sabbia ghiaiosa limosa	23.0	32.0	78.0	69.0
G	Limo argilloso	32.0	32.5	69.0	68.5
H	Sabbia ghiaiosa limosa	32.5	50	68.5	51.0

5.2 Risultati dei test di laboratorio

Durante le campagne di indagine condotte da SoilData Services (2014), Arcadis (2023-2024) e Schinelli Consulting (2025), sono state condotte prove di laboratorio su campioni di terreno.

La tabella seguente riassume i risultati dei test di laboratorio disponibili. Per ulteriori informazioni e per i risultati grafici delle prove di laboratorio si rimanda al Relazione Geologica e ai suoi allegati [1].

Tabella 2 Riassunto dei test di laboratorio

Sondaggio	Proprietario	Profondità da	Profondità a	Granulometria				Limiti di Atterberg			Contenuto d'acqua	Coesione efficace c'	Angolo di attrito Φ' Angolo di attrito Φ'
				Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	LE	LP	IP			
No.	-	m da p.c.	m da p.c.	%	%	%	%	%	%	%	%	kPa	°
Sw6 CR1	Arcadis	0.7	1.3	28	21	40	11	44	24	20			
Sw4 CR1	Arcadis	1	1.5	46	26	22	6	42	24	18			
Sw5 CR1	Arcadis	1	1.5	22	43	30	5	46	24	22			
SW7 CR1	Arcadis	1	1.5	53	33	14	0						
PZ4 CR1	Arcadis	1.5	2.5	61	30	9	0						
Sw6 CR2	Arcadis	2	3	58	36	6	0						

Sondaggio	Proprietario	Profondità da	Profondità a	Granulometria				Limiti di Atterberg			Contenuto d'acqua	Coesione efficace c'	Angolo di attrito ϕ' Angolo di attrito ϕ'
				Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	LE	LP	IP			
No.	-	m da p.c.	m da p.c.	%	%	%	%	%	%	%	%	kPa	°
S1_2014 – C1	SoilData Ser	3.5	4	46.7	48.1	3.8	1.4						
Sw5 CR2	Arcadis	3.5	4.5	72	24	4	0						
Sw4 CR2	Arcadis	4	4.5	46	48	6	0						
SW7 CR2	Arcadis	4	5	78	19	3	0						
PZ4 CR2	Arcadis	5	6	34	54	12	0						
SW7 CR3	Arcadis	6	6.5	62	32	6	0						
Sw6 CR3	Arcadis	7	8	50	42	8	0						
S1_2014 – C2	SoilData Ser	7.5	8	10.8	69.7	10.4	9.1						
PZ4 CR3	Arcadis	9	10	29	62	9	0						
SW7 CR4	Arcadis	11	12	8	76	16	0						
S1_2014 – C3	SoilData Ser	13	13.5	18.5	57.2	17	7.3	26	19	7			
PZ4 CI1	Arcadis	13.5	14	0	11	67	22	49	23	26	39	35.4	24
SW6 CI1_1	Arcadis	15	15.25	0	6	74	20	50	22	28	26.4	18	27
SW6 CI1_1	Arcadis	15.25	15.5	0	32	53	15	39	26	13	26.0		
PZ4 CR4	Arcadis	15.5	16.5	69	23	8	0						
S1_2014 – C4	SoilData Ser	18	18.5	29.8	52.9	12.2	5.1						
SW7 CR5	Arcadis	12.6	13.3	0	10	72	16	34	25	9			
SW7 CR6	Arcadis	18.5	19.5	47	31	18	4						
SW7 CI1	Arcadis	21	21.5	0	3	85	12	47	24	23	31.2	19	25
S1_2014 – C5	SoilData Ser	21.3	21.6	1.5	15.4	58.7	24.4	49	13	36			
PZ4 CR5	Arcadis	21.4	21.8	0	4	77	19	45	25	20			
SW6 CI2	Arcadis	22.5	23	0	1	62	37	47	24	23	22.69	6.83	26
SW7 CR7	Arcadis	24	25	0	74	18	8						
PZ4 CR6	Arcadis	25	26	0	74	16	10						

Sondaggio	Proprietario	Profondità da	Profondità a	Granulometria				Limiti di Atterberg			Contenuto d'acqua	Coesione efficace c'	Angolo di attrito ϕ' Angolo di attrito ϕ'
				Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	LE	LP	IP			
No.	-	m da p.c.	m da p.c.	%	%	%	%	%	%	%	%	kPa	°
SW6 CR4	Arcadis	26	27	0	73	16	8						
S1_2014 – C6	SoilData Ser	27.3	27.6	1	67.2	21	10.8	22	17	5			
S1_2014 – C7	SoilData Ser	33.5	34	0	91.8	6.1	2.1						
BH1-CI1	Schinelli Consult.	21.5	22.0	0	3.51	69.7	26.8	58	29	29	37.8	0	24.5
BH2-CI1	Schinelli Consult.	22.0	22.5								37.6	25	23.6
BH3-CR1	Schinelli Consult.	17.5	17.9	34.9	57.8	7.32							
BH3-CR2	Schinelli Consult.	21.55	21.7	0.03	2.5	69.3	28.2						
BH3-CR3	Schinelli Consult.	24.5	24.8	0.12	44.8	36.7	18.4	45	21	24			

5.3 Risultati delle indagini in situ

5.3.1 Prove penetrometriche (SPT)

I valori NSPT ottenuti da tutte le indagini penetrometriche sono illustrati in Figura 9. Questi valori possono essere normalizzati rispetto alla profondità, secondo la seguente formula (Liao & Whitman [16]).

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot (N)_{60}$$

Dove:

$$C_N = \left(\frac{p_{atm}}{\sigma'_{v0}}\right)^{0.5}, \; C_N \leq 1.7$$

$$(N)_{60} = C_E C_B C_R C_S$$

$C_E = \frac{ER}{60}$, ER è l'efficienza energetica dell'apparecchiatura di prova (assunta in Italia pari a 60).

Oltre all'energia del martello (CE), il valore N è influenzato anche da fattori quali il diametro del foro (CB), la lunghezza e il tipo di asta (CR) e la configurazione del campionatore (CS). I valori indicativi per i vari fattori di correzione sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 3 Fattori di correzione (Fonte: Skempton (1986), Kulhawy e Mayne (1990), Youd et al. (2001))

Fattore	Variabile di influenza	Valori dei fattori
CB	Diametro foro (b, pollici)	CB = 1,0; (2.5 ≤ b ≤ 4.5)

Fattore	Variabile di influenza	Valori dei fattori
		CB = 1,05 (b=6) CB = 1,15 (b=8)
CS	Campionatore a canna divisa	CS = 1.0; (con rivestimento) CS = 1.2 (senza rivestimento)
CR	Lunghezza dell'asta di trivellazione (L, ft)	CR = 1,0; (L>33) CR = 0,95 (20<L<33) CR = 0,85 (13<L<20) CR = 0,80 (10<L<13) CR = 0,75 (L<10)

Il valore di NSPT è stato ulteriormente corretto considerando che il livello dell'acquifero coincide con il livello del suolo (scelta conservativa), con la seguente formula:

$$N_{SPT,corr} = 15 + 0.5(\mathrm{N}_{SPT} - 1.5)$$

I valori NSPT originali e normalizzati sono illustrati nella figura seguente. Si noti che il livello medio del terreno è di circa +101 m s.l.m.

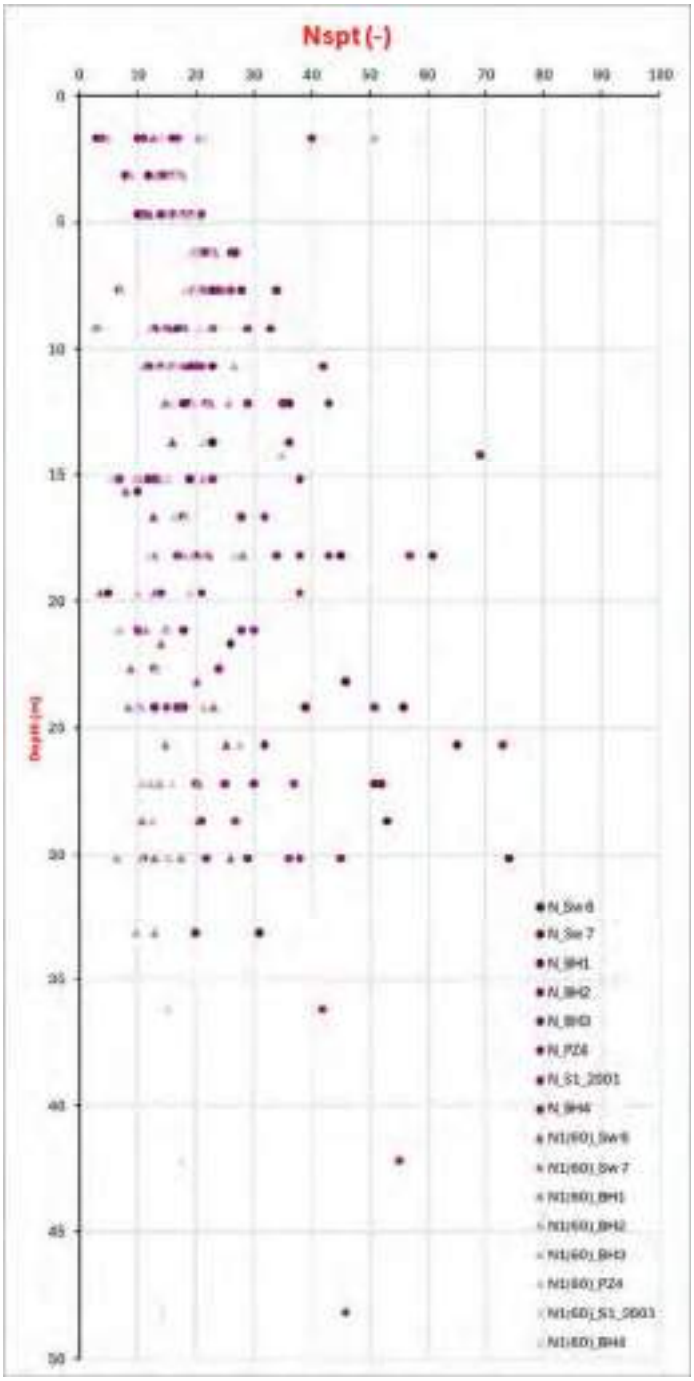


Figura 9 Valori NSPT e N1.60 con la profondità

5.3.2 Prove sismiche (MASW e Down-Hole)

La figura seguente mostra i profili ottenuti dalle prove sismiche delle velocità delle onde di taglio VS nei primi 40 m di terreno.

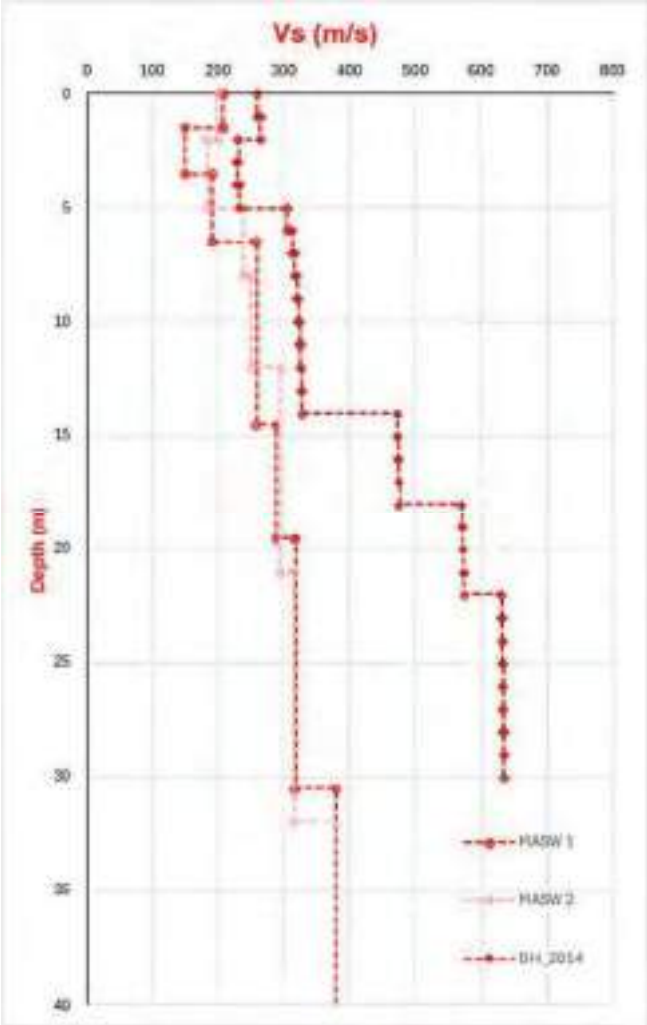


Figura 10 Profili di velocità delle onde di taglio ottenuti da prove sismiche (MASW/Down-Hole)

5.3.3 Prove di permeabilità in situ: LeFranc/Slug Test

Al fine di determinare la permeabilità del sito, sono stati effettuate prove LeFranc e Slug test (Arcadis, 2024). I valori di permeabilità dei test condotti sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 4 Risultati delle prove di permeabilità in situ (Arcadis, 2024 e Schinelli, 2025)

Ubicazione	Profondità (m)	Permeabilità k (m/s)
Sw6_LEF 1	1-1.5	2.6E-05
Sw6_LEF 2	4-4.5	5.7E-04
Sw7_LEF 1	0.9-1.5	5.2E-05
Sw7_LEF 2	5.5-6	1.1E-04
Pz4_LEF 1	1-1.5	5.7E-05
LF1_BH4	25 – 26	2.9E-04
LF2_BH4	35-36	1.4E-04

5.4 Determinazione dei parametri geotecnici

Utilizzando i dati di test in situ, è possibile definire i seguenti livelli:

- tre livelli di terreno coesivo (livelli C, E ed G), caratterizzati da elevati indici di plasticità (IP >10);
- tre livelli di terreno granulare (livelli B, D, F e H), composti principalmente da sabbia e ghiaia.

Dalle indagini disponibili, è possibile stimare i seguenti parametri geotecnici:

- peso per unità di volume;
- densità relativa, angolo di attrito e coesione efficace, per terreni granulari;
- resistenza al taglio non drenata e OCR per terreni coesivi;
- coefficiente di spinta a riposo per terreni granulari;
- rigidezza;
- permeabilità.

Il processo di interpretazione dei dati per la determinazione di tali parametri è descritto nei paragrafi seguenti, la cui sintesi è riportata nel paragrafo 6 (Tabella 5).

5.4.1 Peso per unità di volume

Sulla base dei risultati delle prove di laboratorio e SPT, sono stati definiti i seguenti valori di peso per unità di volume (riportati nel grafico seguente). Per i terreni granulari si è utilizzato la correlazione proposta da Terzaghi e Peck in 1948 [16]. Inoltre, per i terreni coesivi si sono utilizzati i risultati di laboratorio eseguiti sui campioni indisturbati. In rosso è indicato il peso unitario scelto per il progetto; si è ipotizzato un valore medio di 19 kN/m3 per tutti gli strati granulari modo cautelativo.

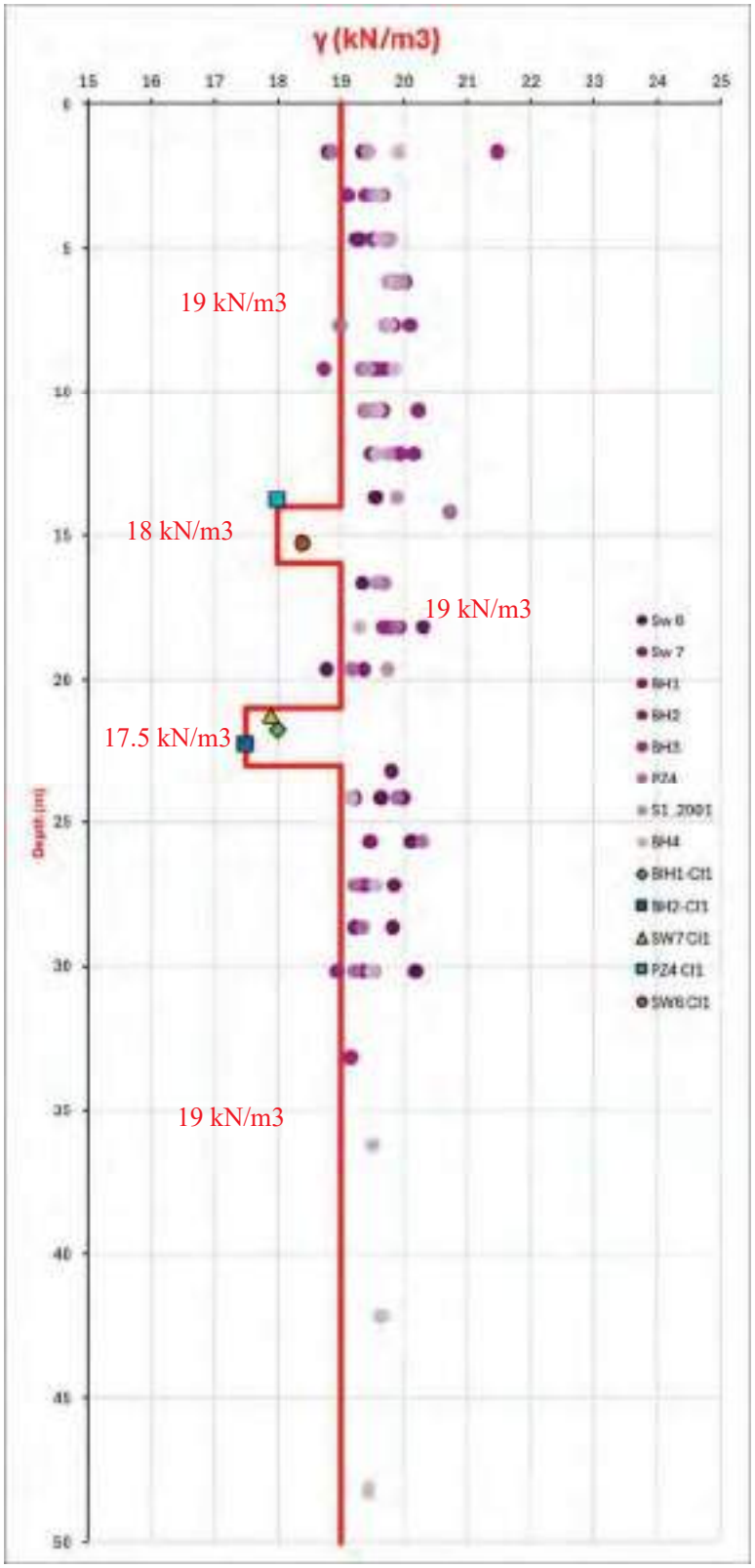


Figura 11 Peso per unità di volume per ogni livello della stratigrafia

5.4.2 Densità relativa per terreni granulari

La densità relativa può essere derivata dal valore NSPT. Tra le correlazioni disponibili in letteratura, è stata utilizzata quella proposta da Skempton [18]:

$$D_R = \left(\frac{N_{1,60}}{60}\right)^{0.5}$$

Dove:

DR = densità relativa [-]

N1.60 = numero corretto di SPT (Skempton) [-]

I risultati sono mostrati nella figura seguente. Le linee rosse indicano i valori ritenuti rappresentativi di ciascun livello, mentre le linee tratteggiate nere indicano la stratigrafia presunta.

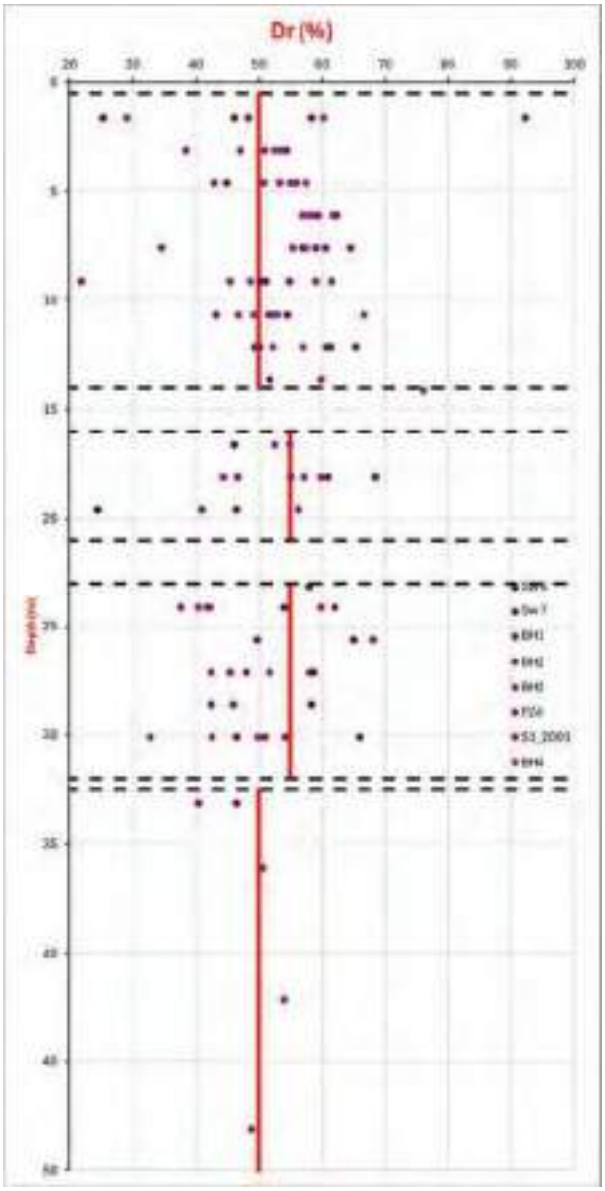


Figura 12 Risultati delle correlazioni utilizzate per la determinazione della densità relativa

5.4.3 Rigidezza

La rigidezza dei terreni può essere derivata dai risultati delle prove sismiche o dalle correlazioni basate sui risultati delle prove penetrometiche.

La rigidezza del terreno a piccole deformazioni, cioè il modulo di deformazione a taglio e il modulo di Young a piccole deformazioni, è stata derivata dai risultati delle prove sismiche, e quindi dalle prove MASW e Down-Hole. La Figura 10 mostra una grande differenza tra i profili Vs ottenuti con il Down-Hole (SoilData Services, 2014) e le MASW (Arcadis, 2024). Si ritiene che i profili Vs ottenuti dalle MASW siano più in accordo con la stratigrafia rilevata dai diversi sondaggi e prove penetrometriche; pertanto, per il calcolo della rigidezza del terreno, si è data prevalentemente rilevanza ai risultati delle prove MASW.

La derivazione della rigidezza si ottiene con la seguente procedura:

- Dai profili dei risultati delle prove sismiche, dalla relazione è stato derivato quanto segue:

$$G_0 = \rho V_s^2$$

- Partendo dal profilo del modulo di taglio, il modulo di Young è stato ottenuto dalla relazione:

$$E_0 = 2(1 + \upsilon)G_0$$

- dove υ è il coefficiente di Poisson (ipotizzato pari a 0.25 per tutti gli stratti del progetto).

Le figure seguenti mostrano l'andamento del modulo di taglio (Figura 13) e il modulo di Young (Figura 14) ottenuti. Ai fini dell'interpretazione, sono stati scelti i valori minimi tra i due test e una variazione con la profondità in linea con la stratigrafia proposta (linea rossa in figura). Le linee nere tratteggiate rappresentano la stratigrafia:

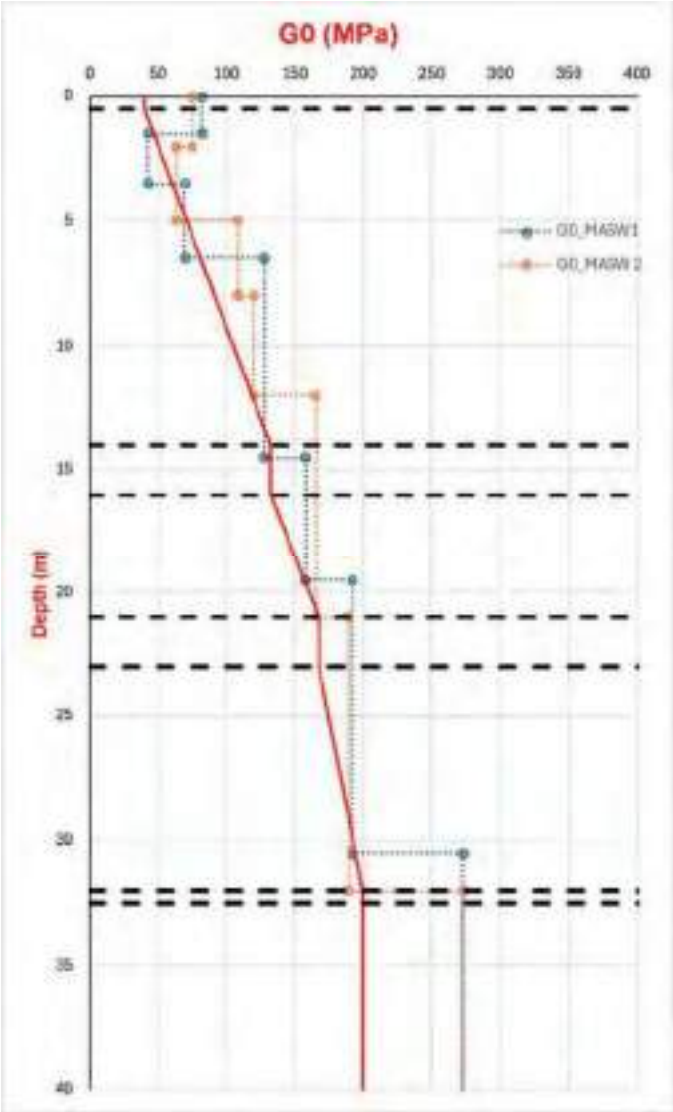


Figura 13 Modulo di taglio G_0

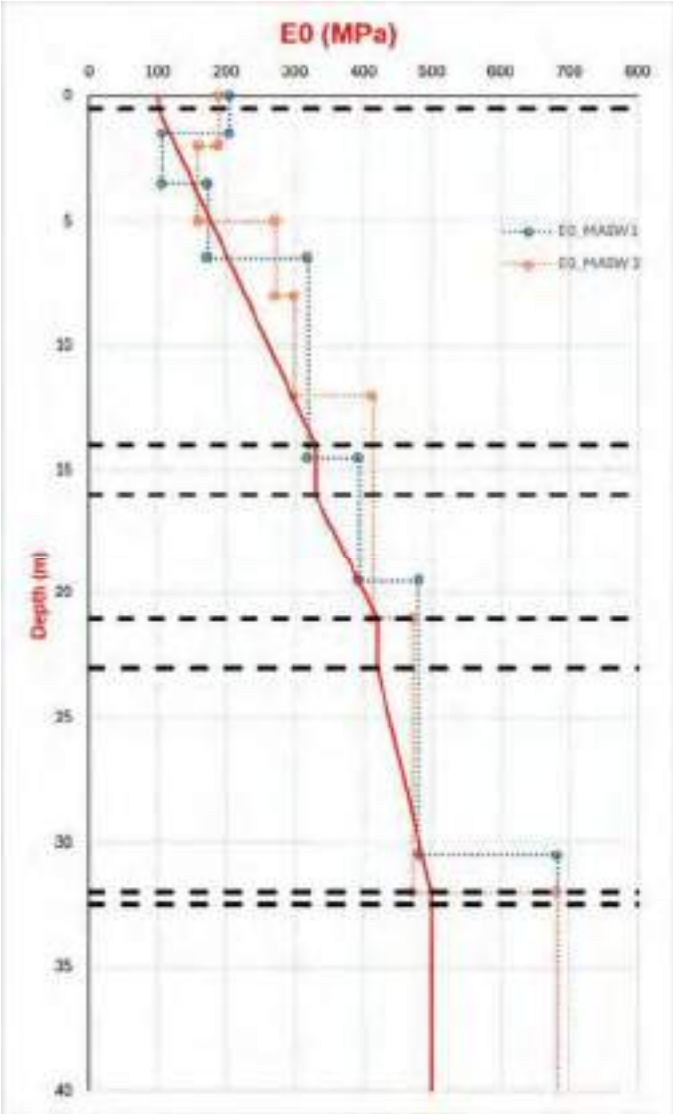


Figura 14 Modulo di Young E_0

Partendo dai valori del modulo di Young a piccole deformazioni, è possibile stimare i valori relativi del modulo di Young secante, fattorizzando E_0 di un coefficiente variabile compreso tra 0 e 1 a seconda del livello di deformazione a taglio attesa nel terreno.

5.4.4 OCR (Over Consolidation Ratio) per terreni coesivi

I risultati dei test edometrici eseguiti sono stati utilizzati per ricavare il valore OCR degli strati coesivi di argilla/limo. Sono stati selezionati i seguenti campioni ottenuti dalla campagna di Arcadis nel 2024.

- per il livello C: SW6-CI1 (Arcadis, 2024), profondità di campionamento 15-15.5 m;
- per il livello E: SW7_CI1 (Arcadis, 2024), profondità di campionamento 21-21.5 m.

Livello C

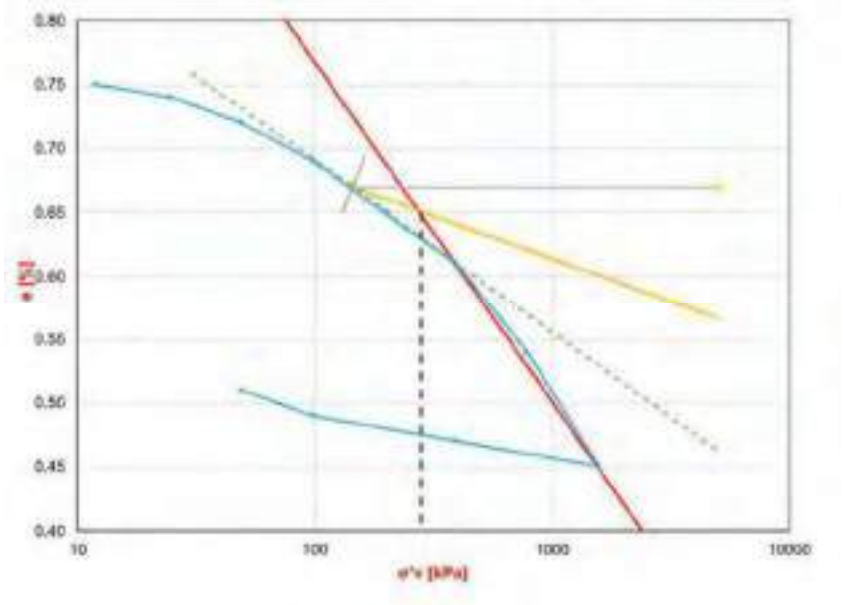


Figura 15 Test edometrico su campione SW6-CI1 (Arcadis, 2024)

Il risultato del test è riportato in Figura 15 (linea blu): confrontando le pendenze dei primi punti della prova e quelle adagiate sul ramo di scarico della prova, si può affermare che l'argilla è leggermente sovraconsolidata. Applicando il metodo Casagrande [23] è inoltre possibile derivare che il livello C è stato sottoposto ad una sollecitazione massima efficace di circa 280 kPa. Essendo il campione prelevato ad una profondità di circa 15 m, lo stato iniziale di stress efficace è il seguente, confermando l'ipotesi di un leggero sovraconsolidamento del terreno:

$$\sigma_{v0}^{'} = 153\ kPa$$

$$OCR = \frac{\sigma_{v\ max}^{'}}{\sigma_{v\ 0}^{'}} \cong \frac{280}{153} \cong 1.83$$

Livello E

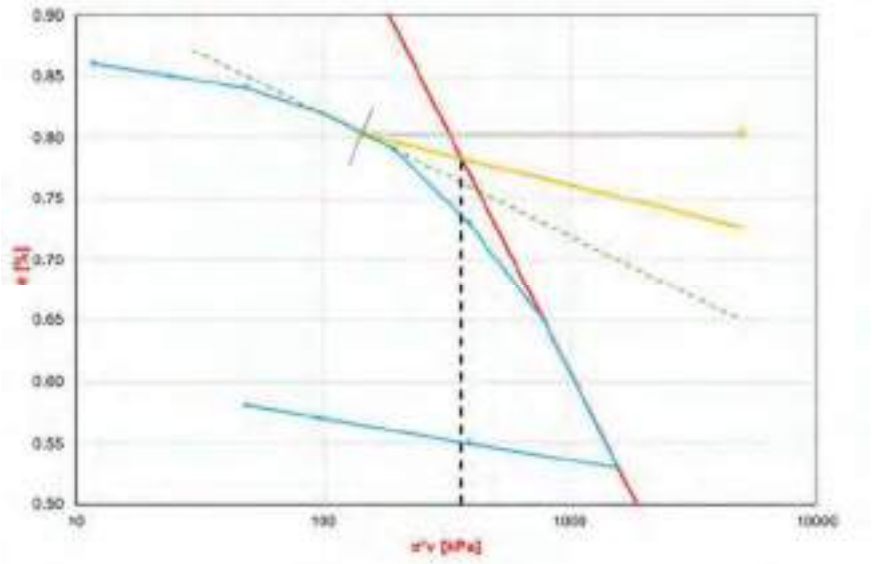


Figura 16 Test edometrico su campione SW7-CI1 (Arcadis, 2024)

Il risultato del test è riportato in Figura 16 (linea blu): per questa prova si può affermare che il livello dell'argilla è leggermente sovraconsolidato. Dalla prova si deduce che il livello E è stato sottoposto ad una sollecitazione massima efficace di circa 365 kPa. Essendo il campione prelevato ad una profondità di circa 21,0 m, lo stato iniziale di stress efficace è il seguente, confermando l'ipotesi di un leggero sovraconsolidamento del terreno:

$$\sigma'_{v0} = 207\ kPa$$

$$OCR = \frac{\sigma'_{v\ max}}{\sigma'_{v\ 0}} \cong \frac{365}{207} \cong 1.76$$

La pressione efficace iniziale è stata calcolata considerando un livello di falda a -1,8 m dal piano campagna, che coincide con il livello di soggiacenza rilevato dal sondaggio SW6 (tabella 1 della Relazione Geologica [1]).

5.4.5 Angolo di attrito efficace per terreni granulari

L'angolo di attrito efficace può essere derivato dal valore NSPT. Tra le correlazioni disponibili in letteratura, sono state utilizzate:

- Japanese Road Association [20].

$$\phi'_{peak} = \sqrt{15 * N_{SPT}} + 15°$$

- API (1987) [26];

$$\phi'_{peak} = 28.4 + 0.17 * D_r + 16 * D_r^2$$

- Schmertmann (1997) [27].

$$\phi'_{peak} = 31.5 + 0.115 * D_r(\%)$$

- Uchida & Hatanka (1996) [28].

$$\phi'_{peak} = \sqrt{15.4 * N_{1(60)}} + 20°$$

Nella figura seguente vengono illustrati i risultati delle correlazioni. Le linee rosse indicano i valori rappresentativi di ciascun livello, mentre le linee tratteggiate nere indicano la stratigrafia di progetto.

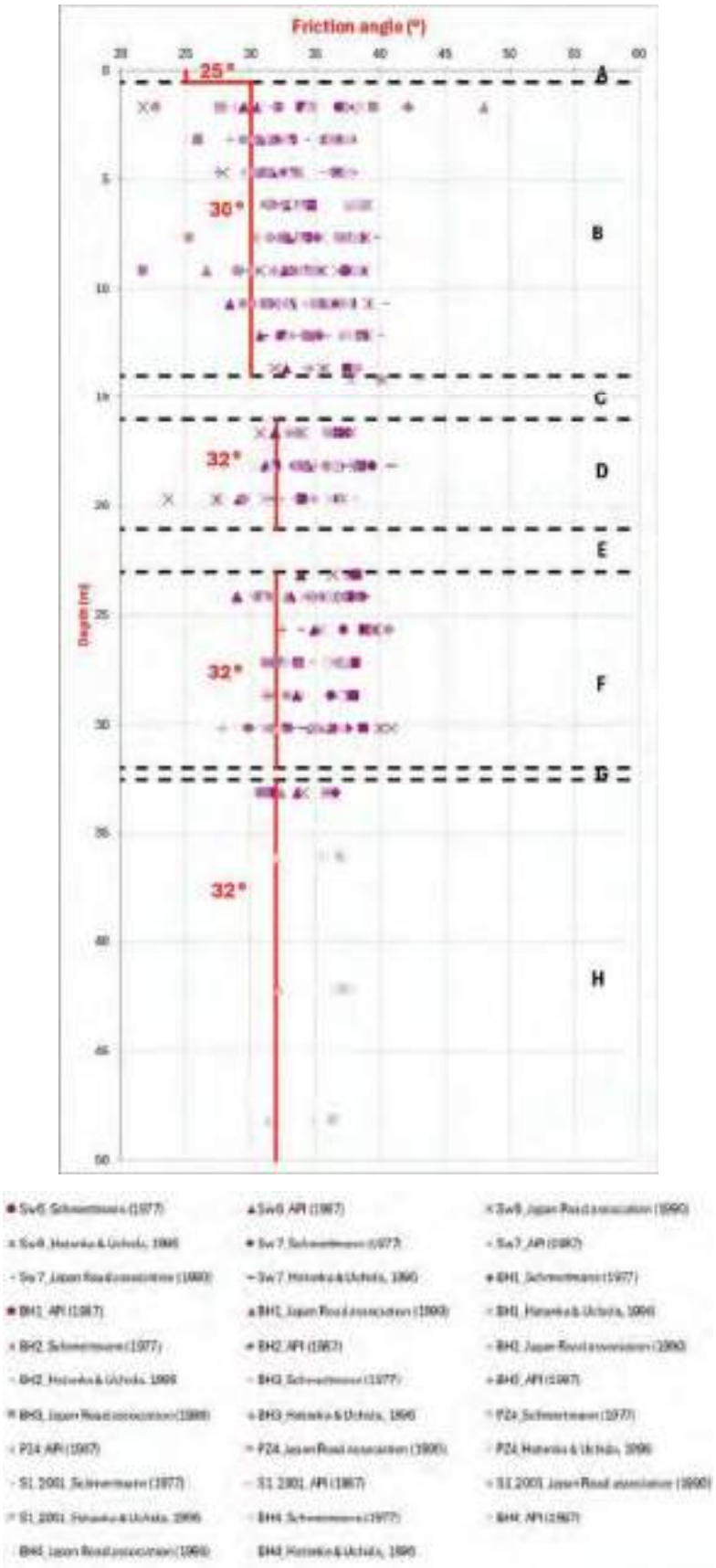


Figura 17 Risultati delle correlazioni utilizzate per determinare l'angolo di attrito efficace

5.4.6 Resistenza al taglio non drenata per terreni coesivi

La resistenza al taglio non drenata può essere derivata dal valore NSPT, dai risultati delle prove CPT (Arcadis, 2024).

La seguente correlazione, presente in letteratura, è stata utilizzata per la derivazione da NSPT:

- Terzaghi e Peck (1996) [29];

$$Cu = N_{60} * 4.75$$

Le seguenti correlazioni, presenti in letteratura, sono state utilizzate per la derivazione dalle prove CPT

- Robertson (2015) [30];

$$Cu = \frac{q_C - \sigma_v}{N_{kt}}$$

  Dove Nkt assume tipicamente valori compresi tra 10 e 18; in questo studio è stato adottato un valore medio conservativo pari a 18.

- Mayne (2016) [31];

$$Cu = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}}$$

  Dove $N_{\Delta u}$ è un fattore di cono empirico proposto da Remai (2013) [32]:

$$N_{\Delta u} = 24.3 * (u_2 - u_0)/(q_t - \sigma_{v0})$$

Nella Figura 18 è illustrato il minimo tra Robertson (2015) e Mayne (2016).

Infine, viene presentata anche una relazione proposta da Mesri (1989) che confronta la resistenza al taglio non drenata con la pressione efficace iniziale per materiali normalmente consolidati:

$$Cu = 0.22 * \sigma'_{vo}$$

Nella Figura 18 tale correlazione è rappresentata in azzurro con una linea tratteggiata, da utilizzare come valore minimo di riferimento dato che i terreni coesivi sono leggermente sovraconsolidati, come riportato nei test edometrici in 5.4.4,

Nella figura seguente vengono illustrati i risultati delle correlazioni. Le linee rosse indicano i valori considerati rappresentativi di ogni strato coesivo, mentre le linee tratteggiate nere indicano la stratigrafia di progetto.

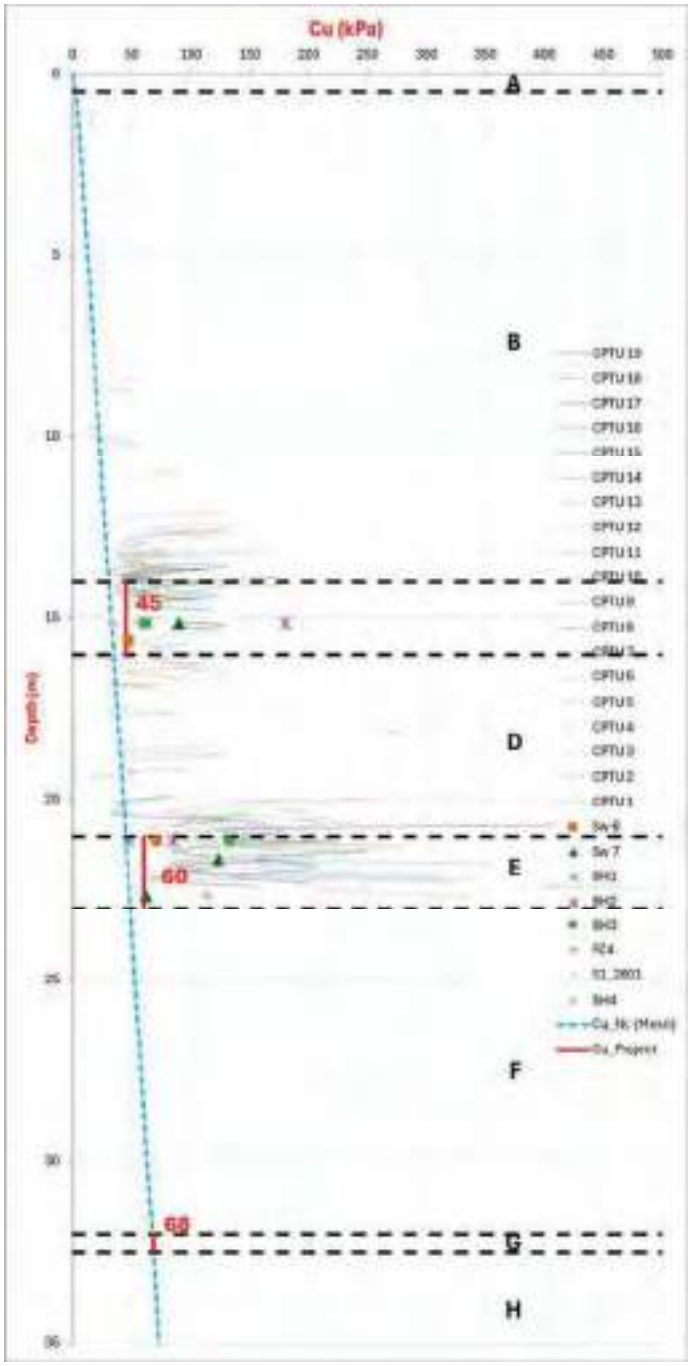


Figura 18 Risultati delle correlazioni utilizzate per la determinazione della resistenza a taglio non drenata

5.4.7 Coefficiente di spinta a riposo

Terreni normalmente consolidati (NC)

Si assume che i depositi granulari del sito siano normalmente consolidati; si utilizza quindi la correlazione proposta da Jaky [24] per il calcolo del coefficiente di spinta a riposo del terreno:

$$K_0(NC) = 1 - \sin\varphi'$$

Terreni sovraconsolidati (OC)

I depositi coesivi sono considerati sovraconsolidati; è pertanto stata utilizzata la formula proposta da Mayne & Kulhawy [25] Per il calcolo del coefficiente di spinta del terreno a riposo:

$$K_0(OC) = K_0(NC) * OCR^{(\sin\varphi')}$$

I valori dell'angolo di attrito sono stati selezionati in base ai risultati dei test di laboratorio (Arcadis, 2024) (per il livello C: $\varphi' = 26°$, per il livello E: $\varphi' = 26°$).

5.4.8 Permeabilità

La permeabilità del suolo è stata stimata sulla base dei risultati dei test di permeabilità in situ (test LeFranc & Slug), i cui risultati sono riportati nel paragrafo 5.3.3.

6. Stratigrafia di progetto e parametri geotecnici

Sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti, i parametri caratteristici minimi del suolo sono riportati in Tabella 5; i parametri sono relativi agli strati identificati nella stratigrafia di progetto (definita nel paragrafo 5.1) mostrata nella figura seguente. Si precisa che per lo strato di terreno di riporto si sono riscontrate minori informazioni significative ai fini della caratterizzazione geotecnica. Pertanto, per questo livello, sono stati considerati parametri ragionevolmente conservativi ai fini delle attività di progettazione geotecnica.

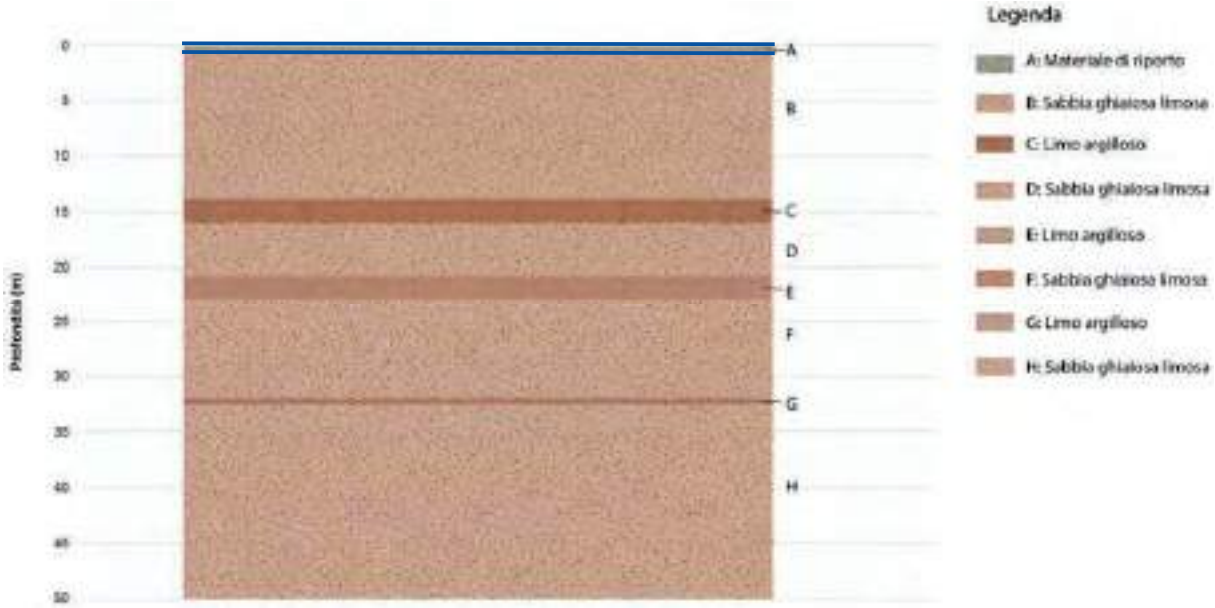


Figura 19 Stratigrafia e livelli di falda di progetto

Per quanto riguarda il livello di falda di progetto. in linea con quanto riportato nella Relazione Geologica [1], si stima:

- falda a breve termine a 1.0 m da p.c. (100 m.s.l.m), che si presume sia pari a 1m più superficiale rispetto alle rilevazioni effettuate durante l'inverno 2025;
- falda a lungo termine al livello di p.c.(101 m.s.l.m.) in modo cautelativo poiché che il sito, in passato, è stato soggetto a eventi meteorologici estremi; questi eventi potrebbero causare un innalzamento significativo, sebbene temporaneo, del livello della falda.
- Si suggerisce che il monitoraggio della falda acquifera prosegua anche durante le attività di costruzione, al fine di definire e progettare eventuali opere temporanee necessarie alla fase di scavo, come operazioni di pompaggio.

Tabella 5 Parametri geotecnici di progetto (valori minimi)

Parametro	A Materiale di riporto	B Sabbia ghiaiosa limosa	C Limo argilloso	D Sabbia ghiaiosa limosa	E Limo argilloso	F Sabbia ghiaiosa limosa	G Limo argilloso	H Sabbia ghiaiosa limosa
γ (kN/m3)	19	19	19	19	19	19	19	19
PI (%)	-	-	27	-	23	-	-	-
φ (°)	25	30	0	32	0	32	0	32
c' (kPa)	-	-	0	-	0	-	0	-

Parametro	A Materiale di riporto	B Sabbia ghiaiosa limosa	C Limo argilloso	D Sabbia ghiaiosa limosa	E Limo argilloso	F Sabbia ghiaiosa limosa	G Limo argilloso	H Sabbia ghiaiosa limosa
DR (%)	45	50	-	55	-	55	-	50
Cu (kPa)	-	-	45	-	60	-	68	-
K0 (-)	0.57	0.5	0.65	0.47	0.65	0.47	0.55	0.47
G0 (MPa)	40	40	132	132	168	168	200	200
dG0/dzi (MPa)	-	6.57	-	7.2	-	3.55	-	-
E0 (MPa)	100	100	330	330	420	420	500	500
dE0/dzi (MPa)	-	16.43	-	18	420	8.88	-	-
Poisson (-)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Permeabilità (m/s)	-	$2.6*10^{-5}$ – $5.7*10^{-4}$	-	-	-	$2.9*10^{-4}$	-	$1.4*10^{-4}$

7. Inquadramento sismico

Per maggiori dettagli sull'inquadramento sismico del sito si rimanda alla Relazione Geologica [1] relativa al sito in questione.

7.1 Sismicità storica e contesto geodinamico

Da un punto di vista geodinamico, la sismicità del sito non è riferibile ad alcuna zona sismogenetica, come evidenziato nella zonazione sismogenetica Z09, riportata in Figura 20.

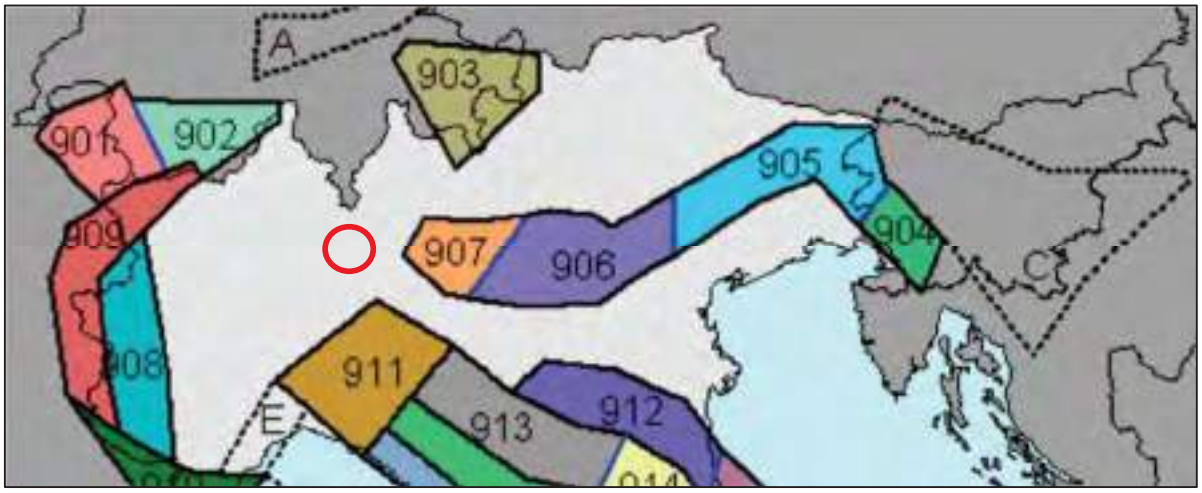


Figura 20 Ubicazione del sito di interesse (rosso) – Zonazione sismogenetica Z09

Nel periodo di osservazione compreso tra l'anno 1000 e l'anno 2020, la banca dati macrosismica italiana DBMI15 riporta, per il comune di Zibido San Giacomo, 2 eventi, ed evidenzia risentimenti con intensità macrosismica massima inferiore a 4.

7.2 Sismicità di base della zona

Per quanto riguarda la determinazione dei parametri di scuotimento sismico per le aree di interesse, secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, la sismicità di base del sito può essere determinata in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su terreno rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superare il 10% in 50 anni.

L'allegato A delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), specifica che la pericolosità sismica sulla griglia di riferimento nell'intervallo di riferimento deve essere derivata dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). La figura seguente mostra i valori di accelerazione definiti per i nodi della griglia di riferimento nazionale ricavati dal sito dell'INGV[1]; la figura mostra un estratto della mappa centrata sull'area oggetto di studio.

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di accelerazione di picco atteso al suolo (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco al suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) con una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni su terreni rigidi (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggianti.

L'area ha un valore di sismicità di base ag (475) di 0,051 g.

[1] https://esse1-gis.mi.ingv.it/

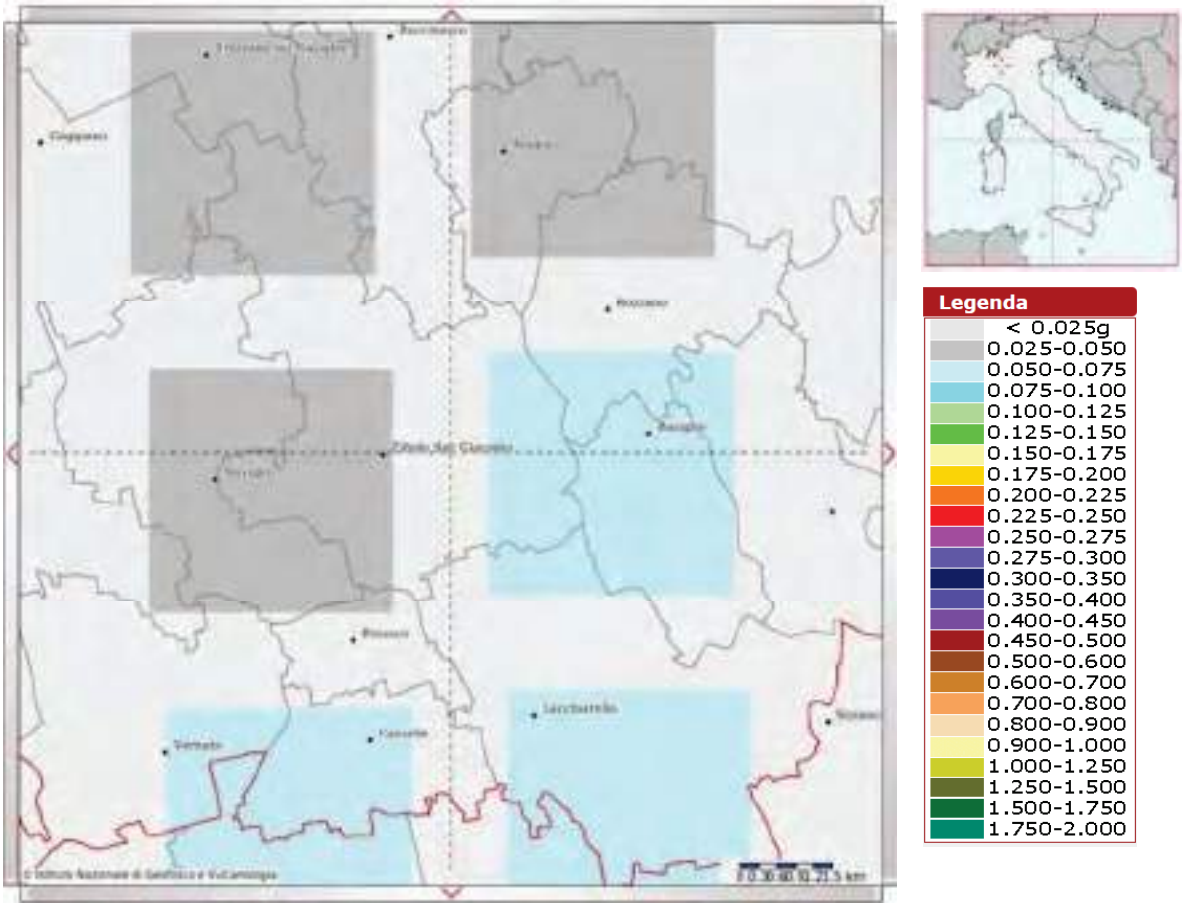


Figura 21 Accelerazione massima attesa su terreno rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni (modello di pericolosità sismica MPS04-S1 INGV).

7.3 Determinazione Vs30

La determinazione delle Vs30 risulta fondamentale per la definizione dei suoli, secondo l'inquadramento della normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Il D.M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto per gli interventi edificatori prevede una classificazione del suolo di fondazione, ovvero del terreno compreso tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento (bedrock sismico), nelle categorie indicate in Tab. 3.2.II della normativa.

Per tale valutazione sono state utilizzate le seguenti prove:

- N. 2 prove Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) effettuate da Arcadis nel 2023-2024.
- N. 1 prova Down Hole effettuata da SoilData Services nel 2014.

Nella Figura 10 si riportano i profili sismici derivanti dalle indagini sopra riportate.

Al fine di determinare la Vs_{30} per la categoria del suolo è stata utilizzata la prova MASW1 e la Vs risultante è pari a 255 m/s.

I terreni nell'area di studio appartengono alla categoria di suolo assimilabile alla categoria C *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità*

del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

7.4 Parametri sismici

Il D.M. 14.01.2008 ha introdotto un approccio sito-dipendente alla classificazione sismica, ovvero i parametri significativi dell'area devono essere calcolati sulla base di misure dirette ed elaborati secondo metodi semplificati che tengano conto delle possibili amplificazioni locali dovute alla stratigrafia e alla topografia. Questo approccio è stato confermato dal Decreto Ministeriale del 17.01.2018.

Per quanto riguarda la determinazione dei parametri sismici dell'area di progetto, facendo riferimento al D.M. 17/01/18 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni", la sismicità di base del sito può essere definita in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su terreno rigido ai nodi di una griglia di riferimento nazionale, le cui coordinate sono le seguenti:

Sito

- latitudine: 45,3655°
- longitudine: 9,1277°

Sito di riferimento

	Latitudine [°]	**Longitudine [°]**	**Distanza [m]**
Sito 1	45.3543	9.0825	3,747
Sito 2	45.3569	9.1535	2,234
Sito 3	45.4,68	9.1499	4,902
Sito 4	45.4,43	9.0788	5,753

Secondo quanto prescritto dal capitolo 2.4.2 delle NTC2018, l'edificio è classificato in Classe II. Tuttavia, a seguito di una specifica richiesta del Cliente al fine di garantire un livello di sicurezza superiore rispetto agli standard normativi, è stata adottata la Classe IV per il dimensionamento strutturale.

Per la scelta dei parametri progettuali è stato assegnato ai manufatti una vita nominale V_N (2.4.1 - NTC2018) di 50 anni e una classe d'uso "IV", a favore di sicurezza per la progettazione come sopra definito. Ne consegue che la vita di riferimento V_R per le azioni sismiche è pari a $V_N \times$ Cu (coefficiente d'uso = 2 per classe d'uso IV) = 100 anni. La condizione topografica al contorno è T1, propria dei terreni pianeggianti.

Per le opere in progetto i parametri sismici di base al bedrock sismico assumono i seguenti valori:

Stato Limite	**Tr [anni]**	**a_g [m/s2]**	**Fo**	**Tc^* [s]**
Operatività (SLO)	60	0.26	2.55	0.20
Danno (SLD)	101	0.31	2.58	0.22
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.59	2.68	0.30
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.71	2.74	0.31

Dove ag = accelerazione orizzontale massima nel sito,

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

Tc = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

8. Rischio di liquefazione

Il Decreto Ministeriale 17.01.2018 stabilisce che il sito deve essere stabile nei confronti della liquefazione, cioè dei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Il fenomeno della liquefazione si manifesta in presenza di depositi sabbiosi e sabbioso-limosi saturi che, durante e immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata dal fenomeno comincia ad assestarsi fino a che la nuova configurazione del terreno non sia compatibile con la diminuita resistenza al taglio.

Come definito dalla NTC2018 i terreni di fondazione non sono da considerarsi suscettibili a fenomeni di liquefazione durante l'evento sismico e la verifica della liquefazione può essere omessa quando ricorre almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale dell'acquifero superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica al di fuori delle aree indicate nella figura seguente nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

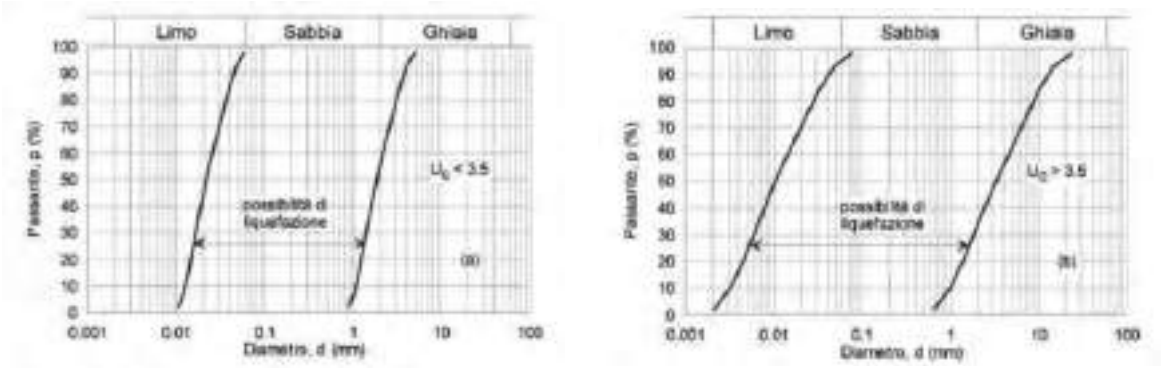


Figura 22 Dimensione delle particelle suscettibile di liquefazione

L'accelerazione orizzontale massima del suolo attesa è inferiore alla soglia di 0.1g stabilita al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018. Alla luce di questa considerazione, è possibile affermare che la verifica di rischio di liquefazione per l'area in esame può essere omessa.

9. Progettazione delle fondazioni

La normativa vigente distingue due possibili alternative di fondazioni: fondazioni superficiali e fondazioni profonde. Dal punto di vista progettuale, sebbene sia possibile definire un'ampia gamma di tipologie di fondazione all'interno di queste due macro-categorie, è prassi comune considerare la soluzione con fondazione superficiale come prima opzione.

Se le prestazioni fornite dalla sola fondazione superficiale non sono sufficienti (data la stratigrafia di progetto, i requisiti di cedimenti assoluti e differenziali richiesti dalla sovrastruttura), o se tale soluzione non è economicamente conveniente anche in presenza di opere di miglioramento del terreno, la progettazione vira verso l'utilizzo di fondazioni profonde (tipicamente pali). In questo caso si consiglia di definire fin dalle fasi preliminari della progettazione se l'uso di pali di fondazione è destinato a soddisfare le verifiche di capacità portante (SLU) o esclusivamente quelle di esercizio (SLS).

Come riportato nei paragrafi precedenti, gli strati individuati sono caratterizzati da un livello di deformabilità non trascurabile, soprattutto per i primi metri di profondità. Questo aspetto è significativo per la scelta del tipo di fondazione; poiché il progetto del Data Center prevede il trasferimento di carichi particolarmente elevati sulla fondazione stessa, la progettazione delle fondazioni dovrà considerare una soluzione che minimizzi il rischio di cedimenti differenziali, oltre i valori di cedimento prescritti per il Data Center.

Per le strutture minori e meno caricate si ritiene possibile valutare l'uso di fondazioni superficiali; per le strutture più caricate, come l'edificio principale del Data Center, le elevate azioni derivanti dalla sovrastruttura spingono maggiormente alla progettazione di fondazioni profonde non solo per la riduzione dei cedimenti, ma anche per soddisfare le verifiche di capacità portante.

9.1 Valutazioni quantitative preliminari

Un sistema di fondazione superficiale deve essere in grado di soddisfare, sia a breve che a lungo termine, i requisiti di sicurezza e funzionalità, corrispondenti almeno ai seguenti stati limite in considerazione a condizioni sia statiche che sismiche (D.M. 2018, § 6.4.2, § 7.11.5.3) [6]:

- SLU per collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (GEO);
- SLU per collasso per scorrimento sul piano di posa (GEO);
- SLU per stabilità globale (GEO);
- SLU per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (STR);
- SLE di compatibilità di spostamenti e distorsioni con i requisiti della struttura.

Analogamente, un sistema di fondazione profonda deve essere in grado di soddisfare, sia a breve che a lungo termine, i requisiti di sicurezza e funzionalità corrispondenti almeno ai seguenti stati limite in considerazione a condizioni sia statiche che sismiche (D.M. 2018, § 6.4.3, § 7.11.5.3) [6]:

- SLU per collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali (GEO);
- SLU per collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali (GEO);
- SLU per collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione (GEO);
- SLU per stabilità globale (GEO);
- SLU per liquefazione del terreno in caso di evento sismico (GEO);
- SLU per raggiungimento della resistenza strutturale dei pali (STR);
- SLU per raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali (STR);
- SLE di compatibilità di spostamenti verticali (cedimenti o sollevamenti) e distorsioni con i requisiti della struttura;

- SLE di compatibilità di spostamenti trasversali con i requisiti della struttura.

9.2 Fondazioni superficiali

Il calcolo della capacità portante per fondazioni superficiali deve essere calcolato allo SLU secondo l'Approccio 2, che prevede l'applicazione dei coefficienti A1+M1+R3. Questo approccio richiede che i parametri geotecnici siano quelli caratteristici riportati nelle sezioni precedenti.

Per quanto riguarda le azioni, i coefficienti sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 6 Coefficienti parziali da applicare alle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	(A1) STR
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	1,0
	Sfavorevole		1,3
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_Q	0,0
	Sfavorevole		1,5

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Per quanto riguarda la resistenza, i coefficienti parziale da applicare al sistema di resistenza nel caso di verifica di capacità portante e scorrimento sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 7 Coefficienti parziali da applicare alla resistenza caratteristica delle fondazioni superficiali

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

La capacità portante è calcolata secondo la formulazione Brinch-Hansen a SLU mediante la seguente formulazione:

$$q_{lim} = c' N_c s_c d_c i_c g_c b_c + \frac{1}{2} \gamma B^* N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q$$

Dove c' è la coesione, B* rappresenta la larghezza equivalente della fondazione, q è il sovraccarico ai lati del piano di posa della fondazione e N, s, d, i, g, b sono rispettivamente i coefficienti di capacità portante, di forma della fondazione, profondità del piano di posa, inclinazione del carico, inclinazione del pendio e inclinazione del piano di posa, in condizioni drenate.

La resistenza di progetto risulta dunque:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot q_{lim} \cdot A'$$

dove A' è l'area della fondazione valutata tenendo conto delle possibili eccentricità dei carichi agenti e γ_R è il coefficiente parziale da applicare al sistema di resistenza nel caso di verifica di capacità portante (SLU), come indicato in Tabella 7.

Dati i criteri di cui sopra, è stata stimata come riferimento la capacità portante a SLU di fondazioni superficiali di dimensioni tipologiche, ipotizzando in misura precauzionale un livello di falda coincidente con il piano campagna.

Per le verifiche specifiche delle fondazioni di progetto si rimanda alla Relazione di Calcolo **Error! Reference source not found.**.

Tabella 8 Capacità portante nominale per fondazioni di diverse dimensioni

Larghezza "B" (m)	Lunghezza "L" (m)	Spessore "Sf" (m)	Profondità "D" (m)	Capacità portante qd (kPa)
3.00	3.00	1.5	1.5	215
2.00	3.00	1.5	1.5	187
14.00	21.00	0.5	0.5	351
9.60	43.00	0.5	0.5	339
10.6	17.20	0.5	0.5	321

9.3 Fondazioni profonde

Il calcolo della capacità portante per le fondazioni su pali deve essere calcolato a SLU secondo la l'Approccio 2, che prevede l'applicazione dei coefficienti A1+M1+R3:

Sono previsti coefficienti parziali maggiorativi per le azioni sfavorevoli e riduttivi/unitari per quelli favorevoli. La norma prevede di considerare alternativamente una singola azione variabile come prevalente, applicando i coefficienti di combinazione ψ_0 (pedice 0 nel caso degli SLU) variabili in funzione di Categoria/Azione variabile.

Per quanto riguarda i meccanismi di resistenza delle fondazioni profonde sono previsti coefficienti parziali differenti in funzione dello Stato Limite Ultimo indagato.

In caso di pali soggetti a carico assiale, il valore del coefficiente parziale γ_R da applicare alla resistenza caratteristica è riportato nella seguente tabella in funzione della tecnologia di installazione del palo.

Tabella 9. Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche di fondazioni profonde per le verifiche a carico verticale.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1.15	1.35	1.3
Laterale in compressione	γ_s	1.15	1.15	1.15
Totale	γ_t	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ_{st}	1.25	1.25	1.25

In caso di pali soggetti a carico trasversale, il valore del coefficiente parziale γ_R da applicare alla resistenza caratteristica è riportato nella seguente tabella.

Tabella 10. Coefficiente parziale da applicare alla resistenza caratteristica di fondazioni profonde per le verifiche a carico trasversale.

COEFFICIENTE PARZIALE **(R3)**
γ_T =1,3

Il valore caratteristico della resistenza di fondazioni profonde è determinato applicando un fattore di correlazione ξ, variabile in funzione della metodologia di calcolo utilizzata. Per il calcolo della capacità portante dei pali è stato considerato il valore caratteristico di resistenza ξ_4 pari a 1.21, ottenuto con riferimento a procedure analitiche che prevedono l'utilizzo dei parametri geotecnici e dei risultati di prove in sito.

Considerando i CPTU eseguiti da Arcadis (2024) e i sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nelle campagne di Arcadis (2024), Schinelli (2025) e SoilData Services (2014), le verticali indagate che arrivano fino a 25 m dal piano campagna sono più di 10.

Tabella 11 Fattori di correlazione B per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Per questo sito si consiglia l'uso di pali CFA; si prevede che i pali possano avere una lunghezza variabile da 17 m a circa 23 m considerando diametri di 800 e 1000 mm (si ipotizza che da progetto la testa palo sia -1.5m dal p.c. attuale [99.5 m.s.l.m]). Questa tipologia di palo consente di:

- trasferire carichi su livelli granulari con migliori caratteristiche geomeccaniche;
- garantire l'utilizzo di attrezzature di scavo facilmente reperibili sul mercato (si raccomanda a tal proposito di non superare la lunghezza di 25m di profondità);
- Evitare diametri ridotti (es. 600mm) che potrebbero creare problemi sia in fase di costruzione che durante l'installazione della gabbia di rinforzo.

Per una consultazione più semplice, sono mostrati in Figura 23 e Figura 24 i valori della capacità portante verticale a SLU di un singolo palo CFA con un diametro di 800 e 1000 mm, compressione in rosso e trazione in verde, calcolate secondo il NTC2018.

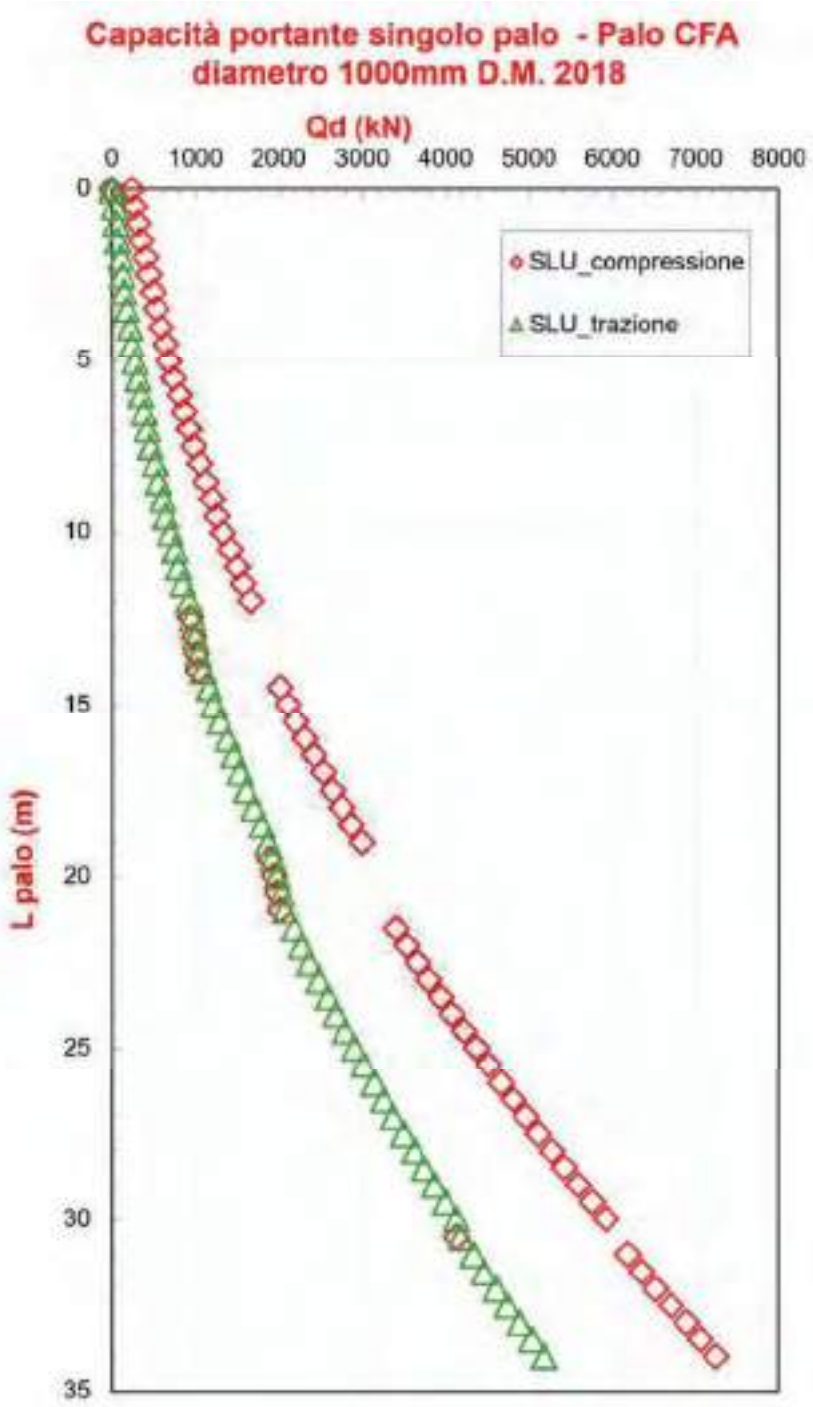


Figura 23 Capacità portante verticale a compressione e a trazione di un singolo palo CFA (D=1000mm). Testa del palo a -1.5m da p.c (99.5 m.s.l.m)

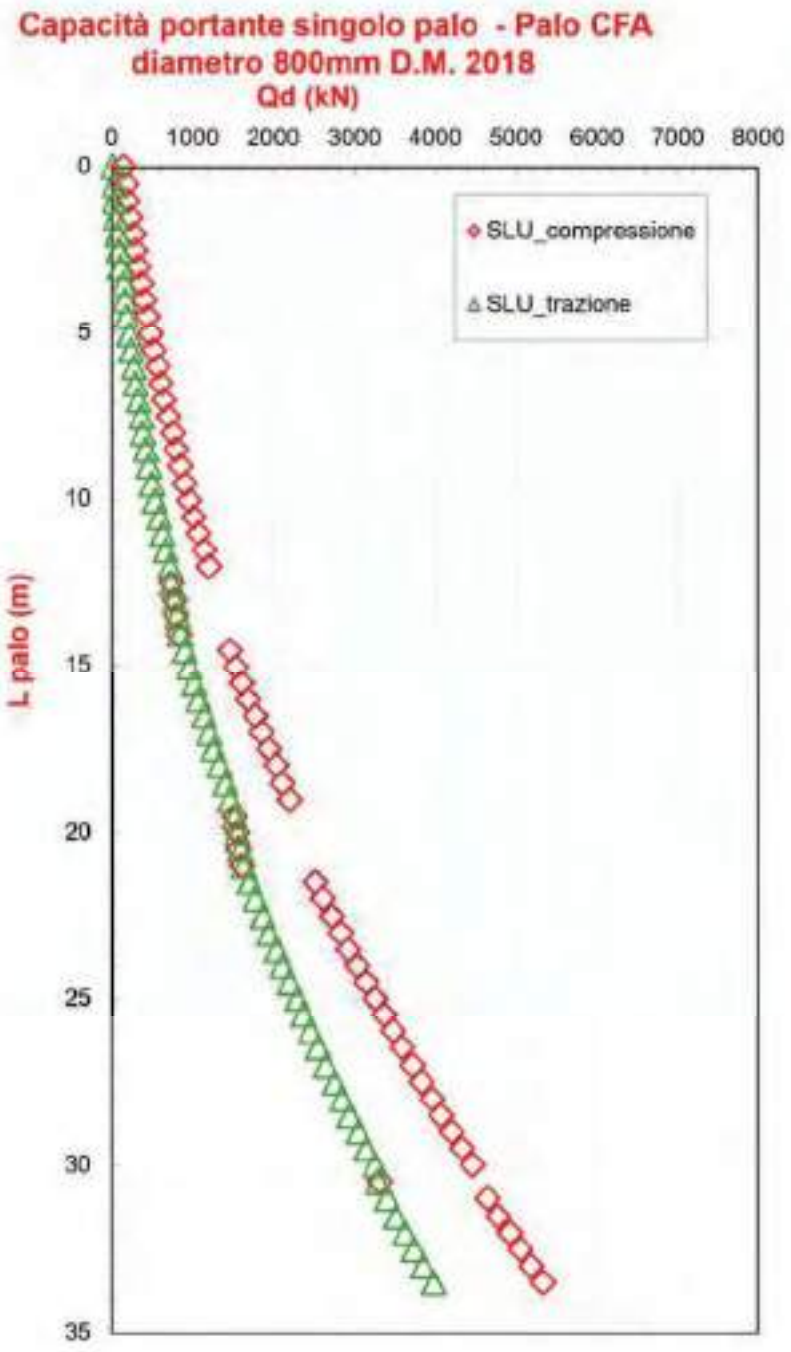


Figura 24 Capacità portante verticale a compressione e a trazione di un singolo palo CFA (D=800mm). Testa del palo a -1.5m da p.c (99.5 m.s.l.m)

10. Conclusioni

Nel corso degli anni, sono state eseguite diverse campagne geognostiche nel sito di studio, permettendo di raccogliere informazioni fondamentali per la valutazione geologica e geotecnica del sito. L'area di studio è caratterizzata da depositi alluvionali composti prevalentemente da sedimenti sabbiosi, ghiaiosi e limosi, con livelli locali di limi argillosi. Considerati i carichi elevati trasferiti dall'edificio principale del Data Center, si consiglia l'uso di fondazioni profonde per minimizzare i cedimenti differenziali. Si segnala la presenza di uno strato di limo argilloso (materiale plastico) tra 21 e 23 metri circa di profondità; pertanto, si dovrà evitare di fondare la base del palo in corrispondenza di questo strato.

11. Riferimenti normativi

Il presente documento è stato redatto in conformità alle seguenti normative:

[5] D.M. 14-01-2008 - Norme tecniche per le costruzioni.

[6] Decreto Ministeriale 17-01-2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

[7] Circolare 02-02-2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

[8] Circolare 21-01-2019, n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

[9] D.G.R. 30-11-2011, "Criteri e linee guida per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo territoriale, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12", approvato con decreto legislativo 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificato dal decreto legislativo 28 maggio 2008, n. 8/7374".

[10] D.G.R. 11-07-2014 n.2129 "Aggiornamento delle zone sismiche nella Regione Lombardia (L.R.1/2000, art.3, c.108, lett. d)".

[11] D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144 "Ulteriore proroga del termine per l'entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129 Aggiornamento delle zone sismiche nella Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lettera d)".

[12] Legge regionale 12 ottobre 2015, n. 33 "Disposizioni in materia di lavori o costruzioni e relativa vigilanza in zona sismica" Supplemento BURL n. 42 del 16 ottobre 2015.

[13] UNI EN 1997-1:2005 – "Eurocodice 7: Progettazione geotecnica – Parte 1: regole generali".

[14] UNI EN 1998-1:2005 "Eurocodice 8: Progettazione di strutture per la resistenza sismica – Parte 1: regole generali, azioni sismiche e regole per le costruzioni".

[15] UNI EN 1998-5:2005 "Eurocodice 8: Progettazione di strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici".

12. Riferimenti bibliografici

[16] K. Terzaghi, R.B. Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons, New York, 1948

[17] S. Liao, R. Whitman (1986), "Fattori di correzione del sovraccarico per SPT in sabbia". Giornale di ingegneria geotecnica (1 marzo 1986)

[18] Skempton, A.W. (1986), "Procedure standard di test di penetrazione e l'effetto nelle sabbie della pressione di sovraccarico, della densità relativa, della dimensione delle particelle, dell'invecchiamento e della sovracompattazione. Geotecnica, 36, 425-447. "Fattori di correzione del sovraccarico per SPT nella sabbia". Giornale di ingegneria geotecnica (1 marzo 1986)

[19] Meyerhof, G. (1956) "Prove di penetrazione e capacità portante di terreni non coesivi" Journal of the Soils Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol.82, 1-19.

[20] JRA (1990), "Valutazione della densità relativa e dell'angolo di attrito in base ai valori SPT-N"

[21] Stroud, M. A. (1989), "Test di penetrazione standard: la sua applicazione e interpretazione", Atti della conferenza ICE sui test di penetrazione nel Regno Unito, Londra: Thomas Telford.

[22] Kulhawy e Mayne (1990), "Manuale sulla stima delle proprietà del suolo per la progettazione delle fondamenta", 1990.

[23] Casagrande, Arthur (1936). "La determinazione del carico pre-consolidamento e il suo significato pratico". Atti della Conferenza Internazionale sulla Meccanica del Suolo e l'Ingegneria delle Fondazioni. Vol. 3. Università di Harvard, Cambridge. pagine 60-64.

[24] Jaky (1944), "Il coefficiente della pressione terrestre a riposo. In ungherese (A nyugalmi nyomas tenyezoje)." J. Soc. Hung. Ing. Arch. (Magyar Mernok es Epitesz-Egylet Kozlonye), pp. 355-358.

[25] Mayne Kulhawy (1982), "Relazioni K0-OCR nel suolo", Journal of the Geotechnical Engineering Division, giugno 1982.

[26] American Petroleum Institute 1986

[27] Schmertmann J.H. (1978) “Guidelines for cone penetration test performance and design”, US Dept. of Transportation, FHWA, R.78-209. Washington D.C.

[28] Hatanka M., Uchida A. (1996), “Empirical Correlation Between Penetration Resistance and Internal Friction Angle of Sandy Soils”, Soils and Foundations, Pages 1-9, ISSN 0038-0806, https://doi.org/10.3208/sandf.36.4_1.

[29] K. Terzaghi, R.B. Peck, and G. Mesri, Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd Ed., John Wiley & Sons, New York, 1996

[30] Robertson (2015), “Guide to Cone Penetration Testing”, 6th Edition, 2015. www.greggdrilling.com

[31] Mayne P.W (2016), “Evaluating effective stress parameters and undrained shear strengths of soft-firm clays from CPTu and DMT”, Geotechnical and Geophysical Site Characterisation 5 – Lehane, Acosta-Martínez & Kelly (Eds), 2016 Australian Geomechanics Society, Sydney, Australia, ISBN 978-0-9946261-1-0

[32] Remai, Z. (2013) Correlation of undrained shear strength and CPT resistance. Periodican polytechnica. 57/1 (2013) 39-44. Doi:10.3311/PPci.2140

[33] G. Mesri, Initial Investigation of the soft clay test site at Bothkennar, Discussion, Géotechnique, 43(3) (1993), 503-504

Allegati

A.1 Campagna geognostica– Schinelli, 2025

INDICE

1. INTRODUZIONE 3
2. AREA E UBICAZIONE DELLE INDAGINI 5
3. SISTEMA DI RIFERIMENTO E COORDINATE INDAGINI 8
4 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO 10
5 PROVE SPT 12
6. CAROTAGGI NELLE SOLETTE 14
7. POZZETTI ESPLORATIVI 17
8. PROVE DI CARICO SU PIASTRA 19
9. PROVE DI RESISTIVITA' ELETTRICA 32
10. PROVE DI PERMEABILITA' E SLUG TEST 39
11. PROVE DI RESISTIVITA' TERMICA 57
12. INDAGINE GEORADAR ED ELETTROMAGNETICA 65
13. PROVE DI LABORATORIO 66

Allegato 1 Sondaggi geognostici

Allegato 2 Pozzetti esplorativi

Allegato 3 Prove geotecniche di laboratorio

Allegato 4 Prove chimiche di laboratorio

Allegato 5 Indagine georadar ed elettromagnetica

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito delle attività di progettazione del nuovo data center AWS il cui progetto è denominato MXP 109, che sarà realizzato a Zibido San Giacomo (MI), la società ARUP Italia, per conto di AWS, ci ha incaricati dell'esecuzione e della supervisione delle indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione dei terreni presenti nell'area in cui dovranno essere eseguite le opere in progetto.

Questo documento costituisce il report finale delle indagini e contiene i risultati di tutte le indagini geognostiche eseguite da Schinelli Consulting per conto di ARUP Italia per il progetto suddetto.

Le indagini geognostiche riportate nel presente documento sono state condotte mediante l'esecuzione di sondaggi geognostici, che hanno raggiunto la profondità massima di 50 metri dal piano campagna, con installazione di tre piezometri a tubo aperto, esecuzione di prove di permeabilità ed esecuzione di prove di laboratorio di tipo geotecnico e di tipo chimico. Sono state eseguite, inoltre, indagini geofisiche, pozzetti esplorativi e prove di carico su piastra, in modo da fornire una caratterizzazione esaustiva delle caratteristiche dei terreni presenti nell'area del progetto.

Nel dettaglio il presente documento riporta i risultati delle seguenti indagini.

- n° 3 sondaggi a carotaggio continuo (BH1 PZ, BH2, BH3 PZ) spinti fino a 35 m di profondità dal piano campagna;
- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo (BH4 PZ) spinto fino a 50 m di profondità dal piano campagna;
- prove di resistenza alla penetrazione standard SPT eseguite nel corso dell'avanzamento dei sondaggi geognostici;
- installazione all'interno delle verticali di perforazione BH1 PZ, BH3 PZ e BH4 PZ di piezometri a tubo aperto;
- Esecuzione di 2 prove di permeabilità tipo Lefranc all'interno del sondaggio BH4 PZ;

- Esecuzione di una prova “slug test” nel piezometro installato nel sondaggio BH4 PZ;
- Prelievo di campioni di terreno, sia indisturbati sia rimaneggiati, per l’esecuzione di prove geotecniche di laboratorio;
- Prelievo di campioni d’acqua per l’esecuzione di analisi chimiche finalizzate alla verifica dell’aggressività potenziale nei confronti del calcestruzzo;
- scavo di n° 7 pozzetti esplorativi;
- esecuzione di 5 carotaggi nelle solette di calcestruzzo;
- esecuzione di n° 10 prove di carico su piastra;
- esecuzione di n° 4 prospezioni geoelettriche;
- esecuzione di n° 4 prove di resistività termica del terreno;
- esecuzione di indagine georadar ed elettromagnetica.

2. AREA E UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Il sito oggetto di studio è ubicato nella porzione meridionale della provincia di Milano ed in particolare nel comune di Zibido san Giacomo. L'area oggetto dello studio, che ha una superficie pari a circa di circa 4.5 ettari, è delimitata a nord-est dalla strada provinciale SP139, ,mentre a sud-est ed a nord-ovest confina con degli insediamenti industriali. A sud è invece confinante con aree agricole.

La corografia delle aree in esame è riportata nella fotografia aerea della figura 2.1. L'area oggetto delle indagini è delimitata in rosso.

Figura 2.1. Fotografia aerea con l'area del progetto.

L'area di indagine ha una quota media del piano campagna pari a circa 100.7 m s.l.m., con variazioni localizzate che generalmente non superano il metro. Fa eccezione un rilevato artificiale la cui sommità si trova a circa 103.3 m s.l.m.

L'ubicazione delle indagini condotte nell'area di studio è riportata nella figura 2.2. Per quanto concerne le prove di resistività termica, non indicate nella legenda della figura, sono state eseguite in corrispondenza dei pozzetti esplorativi TP1, TP2, TP4 e TP5.

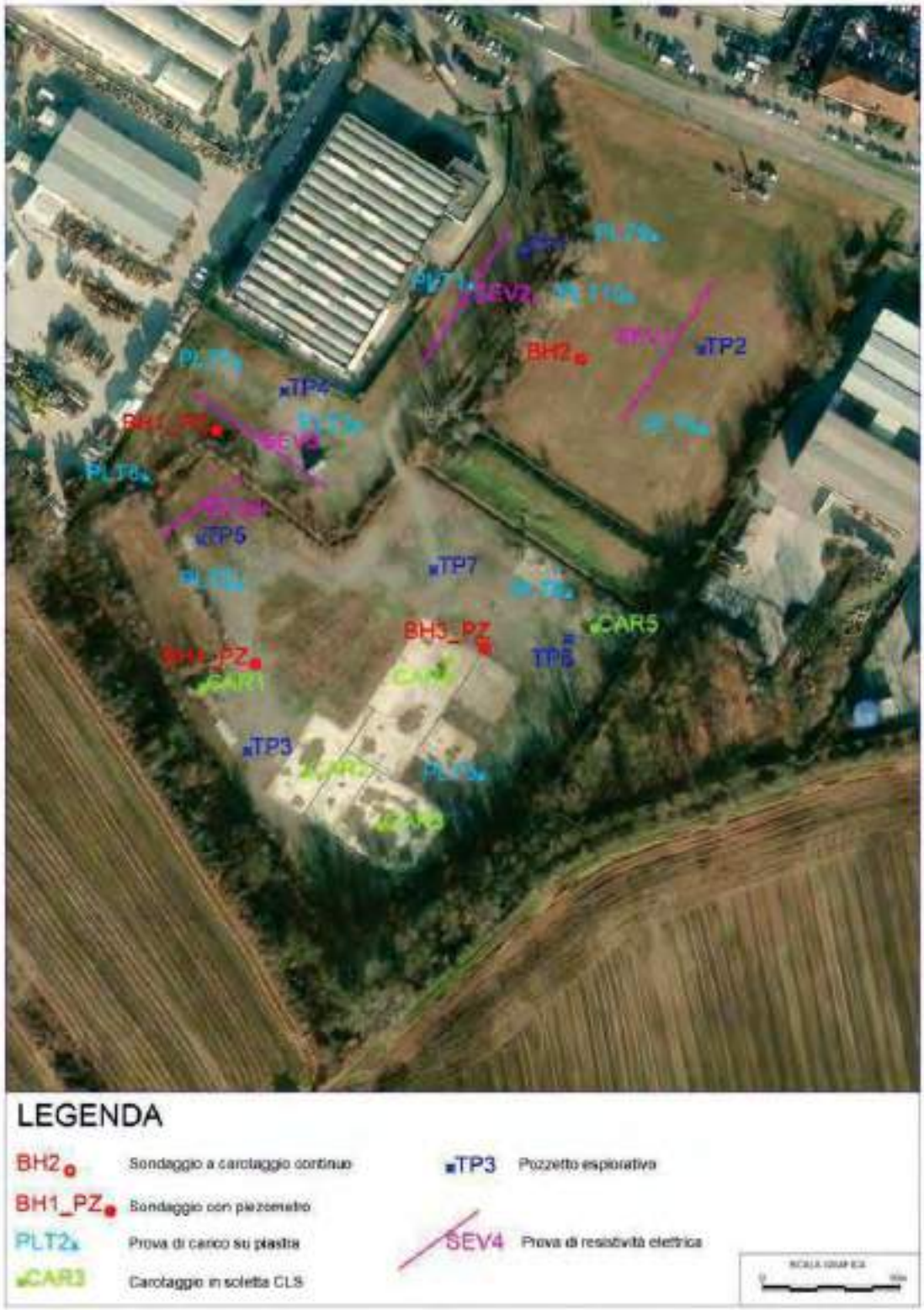


Figura 2.2. Ubicazione delle indagini geognostiche oggetto del presente documento.

3. SISTEMA DI RIFERIMENTO E COORDINATE INDAGINI

Le indagini geognostiche sono state georeferenziate sia planimetricamente sia in quota.

Se non specificato diversamente, nel presente documento, le coordinate piane e le quote vengono espresse nei sistemi di riferimento di seguito riportati:

- Coordinate piane: UTM WGS84, Fuso 32 Nord;
- Quote: geoidiche sul livello medio del mare.

Talora nel documento e negli allegati, per immediatezza descrittiva, sono indicate le profondità rispetto al piano campagna; comunque per ogni punto di indagine è sempre riportata la quota assoluta s.l.m., pertanto ciascun livello e profondità è sempre riferibile al sistema assoluto di quote geoidiche.

Nell'allegato dell'indagine geofisica le coordinate sono state riportate come coordinate geografiche (latitudine e longitudine).

Per la determinazione delle quote e delle posizioni planimetriche tutte le indagini sono state ubicate topograficamente mediante l'utilizzo di GPS topografico RTK GNSS ad elevata precisione.

Le quote ellissoidiche ottenute mediante i rilevi topografici dei punti di indagine sono state referenziate alle corrispondenti quote geoidiche (s.l.m.) mediante l'applicazione dei grigliati IGM per la zona di pertinenza del sito in esame.

Le coordinate e le quote delle indagini oggetto del presente documento sono riportate nella tabella 3.I.

Sigla	Est (m)	Nord (m)	Quota (m s.l.m.)
BH1_PZ	509802.55	5023474.76	100.66
BH2	509935.25	5023500.61	100.39
BH3_PZ	509900.35	5023395.23	100.89
BH4_PZ	509816.66	5023389.12	100.89
CAR1	509797.47	5023380.81	100.76
CAR2	509834.85	5023349.37	100.73
CAR3	509862.38	5023330.38	100.74
CAR4	509887.22	5023390.55	100.76
CAR5	509940.47	5023402.60	100.73
PLT1	509895.38	5023527.18	101.32
PLT2	509810.88	5023418.30	100.71
PLT3	509853.83	5023475.83	100.79
PLT4	509980.00	5023474.92	100.06
PLT5	509899.31	5023348.18	100.73
PLT6	509931.30	5023414.48	100.75
PLT7	509810.27	5023498.95	100.60
PLT8	509776.43	5023457.20	100.51
PLT9	509962.40	5023544.98	100.44
PLT10	509953.31	5023522.87	100.20
SEV1	509967.44	5023503.29	100.25
SEV2	509893.19	5023522.87	101.43
SEV3	509818.79	5023470.94	100.72
SEV4	509796.89	5023447.26	100.38
TP1	509914.72	5023540.54	101.38
TP2	509979.50	5023503.99	100.10
TP3	509813.80	5023357.30	100.71
TP4	509827.39	5023489.02	100.70
TP5	509796.75	5023434.84	100.51
TP6	509931.29	5023398.51	100.74
TP7	509881.92	5023423.71	100.69

Tabella 3.I. Coordinate e quote delle indagini geognostiche.

4 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

I sondaggi geognostici, le cui posizioni planimetriche sono riportate nella figura 2.2, sono stati eseguiti utilizzando una sonda perforatrice montata su carro cingolato ad azionamento oleodinamico. La perforazione è stata condotta mediante carotaggio continuo.

Come utensile per la perforazione e per il recupero delle carote è stato utilizzato un carotiere semplice con le seguenti caratteristiche:

- Diametro esterno: 101 mm;
- Diametro utile interno: 94 mm;
- Lunghezza utile del carotiere: 1500 mm;
- Tipo di corona: Widia.

La perforazione a rotazione, per ridurre al minimo il disturbo del terreno, ha richiesto l'impiego del rivestimento provvisorio, costituito da tubi in acciaio con le seguenti caratteristiche:

- Diametro esterno: 152 mm;
- Diametro utile interno: 147 mm.

Il terreno recuperato nel corso dei sondaggi è stato alloggiato in apposite cassette catalogatrici in PVC dotate di coperchio, dove è stato analizzato e fotografato dal geologo supervisore di cantiere per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo. Le stratigrafie sono riportate in allegato.

Figura 4.1. Una fase dell'esecuzione di uno dei sondaggi geognostici (BH1 PZ).

5 PROVE SPT

Durante l'avanzamento di tutti i fori di sondaggio sono state eseguite delle prove SPT, a profondità variabili tra 1.5 m e 48 m dal piano campagna.

Tali prove consistono nel misurare il numero di colpi necessario per l'avanzamento di un campionatore standard per tre tratti successivi di lunghezza paria a 15 cm ciascuno.

Le prove SPT sono state eseguite con un dispositivo a sgancio automatico, con altezza di caduta di 762 mm e con un maglio del peso di 63.5 kg, in conformità alla normativa ASTM D 1586/67. Il campionatore SPT ha lunghezza pari a 813 mm, diametro interno di 35 mm e peso complessivo uguale a 7.2 kg.

Per la corretta esecuzione delle operazioni di pulizia ed approfondimento del foro, le prove SPT non possono essere condotte con frequenza maggiore di una al metro, per tale motivo queste prove, che si eseguono all'interno dei fori di sondaggio, non sono di tipo continuo, ma discreto lungo la verticale.

Il campionatore viene infisso per tre avanzamenti successivi di 150 mm ciascuno.

La resistenza alla penetrazione è data dalla somma del numero di colpi necessari all'avanzamento del secondo e terzo tratto da 150 mm: NSPT = N2 + N3, dove N1 N2 e N3 sono rispettivamente il numero di colpi necessari per l'avanzamento del campionatore nel primo, nel secondo e nel terzo tratto da 15 cm ciascuno. N1, essendo il tratto di assestamento, che potrebbe attraversare del terreno rimaneggiato, non viene conteggiato nella determinazione del risultato della prova NSPT.

I valori delle prove SPT in foro ottenuti nei sondaggi geognostici sono riportati nei log stratigrafici e sintetizzati nel grafico della figura seguente.

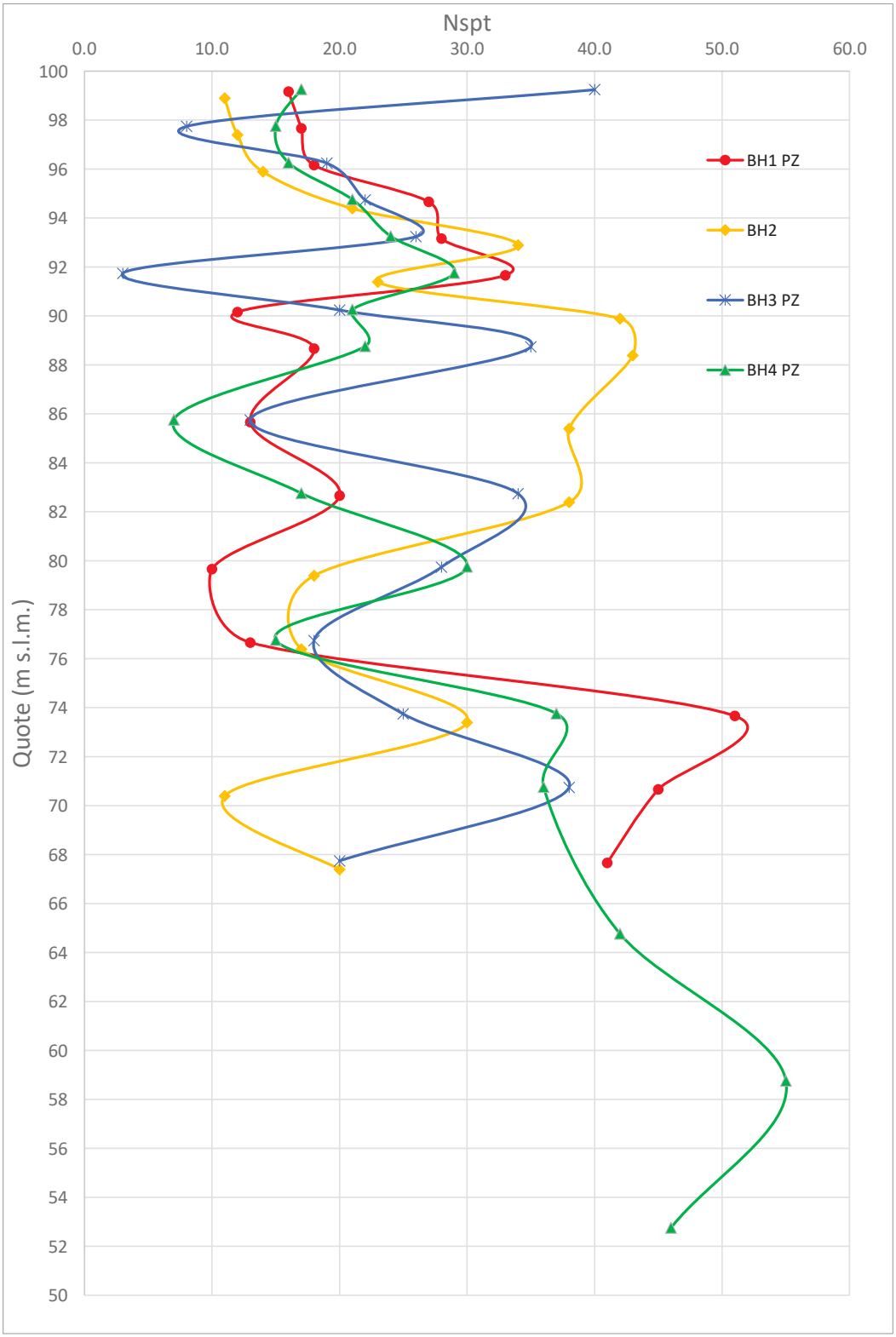


Figura 5.1. Sintesi grafica dei risultati delle prove SPT.

6. CAROTAGGI NELLE SOLETTE

Per verificare gli spessori medi delle solette presenti in sito, ai fini della successiva demolizione e smaltimento che saranno necessari quando verrà realizzato il nuovo progetto, sono stati eseguiti 5 carotaggi con corona diamantata e circolazione d'acqua. I carotaggi sono stati fatti utilizzando la medesima sonda perforatrice utilizzata per i sondaggi geognostici (Comacchio MCT 450).

I risultati dei carotaggi sono descritti di seguito e riportati nelle figure 6.1 e 6.2.

Carotaggio CAR 1 (quota piano calpestio 100.76 m s.l.m)

Calcestruzzo in condizioni mediocri con presenza di fratture a partire da 10 cm di profondità dal piano di calpestio fino al fondo della carota. Non sono state intercettate armature nel corso di questa indagine. Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 44 cm.

Carotaggio CAR 2 (quota piano calpestio 100.73 m s.l.m)

Calcestruzzo in buone condizioni con poche fratture nella parte bassa della carota (al disotto dei 32 cm di profondità dal piano di calpestio). Sono state intercettate delle armature Φ 10 mm. Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 29 cm.

Carotaggio CAR 3 (quota piano calpestio 100.74 m s.l.m)

Calcestruzzo in condizioni discrete con presenza di alcune fratture a partire da 14 cm di profondità dal piano di calpestio fino al fondo della carota. Non sono

state intercettate armature nel corso di questa indagine. Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 40 cm.

Carotaggio CAR 4 (quota piano calpestio 100.76 m s.l.m)

Calcestruzzo in buone condizioni con presenza di una sola frattura nella parte bassa della carota (da circa 38 cm di profondità dal piano di calpestio). La frattura visibile nella figura 6.2 a circa 24 cm di profondità dal piano di calpestio è stata causata dal carotaggio che ha a quella profondità l'armatura (Φ 10 mm). Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 45 cm.

Carotaggio CAR 5 (quota piano calpestio 100.73 m s.l.m)

Calcestruzzo in condizioni mediocri con presenza di fratture a partire da 5 cm di profondità dal piano di calpestio fino al fondo della carota. Non sono state intercettate armature nel corso di questo carotaggio. Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 28 cm.

Nel complesso si quindi riscontrata la presenza di solette debolmente armate con ferri di armatura Φ 10 mm. Il calcestruzzo presenta alcune fratture e si trova in condizioni mediamente discrete. Lo spessore medio delle solette, sulla base delle indagini eseguite risulta pari a circa 37 cm e valore minimo di 28 cm e massimo pari a 45 cm. I dati di spessore e di continuità delle solette in calcestruzzo sono stati confermati, entro i limiti di precisione del metodo, dall'indagine georadar.

Figura 6.1 Carotaggi CAR1 e CAR2.

Figura 6.2 Carotaggi CAR3, CAR4 e CAR5.

7. POZZETTI ESPLORATIVI

Come evidenziato nella planimetria della figura 2.2, sul sito di indagine sono stati eseguiti 7 pozzetti esplorativi, indicati con le sigle da TP1 a TP7.

I pozzetti sono stati scavati mediante escavatore cingolato Kubota U35. I pozzetti sono stati spinti fino alla profondità massima di circa 2.25 m dal piano campagna, vale a dire subito dopo aver incontrato la falda o acqua di percolazione. Nei casi dei pozzetti TP3, TP6 e TP7, invece, gli scavi sono stati arrestati alla profondità di circa 0.7 m dal p.c. dove è stata rinvenuta una geomembrana accoppiata ad un geotessuto. D'accordo con i tecnici di Arup si è deciso di preservare l'integrità della membrana ed arrestare gli scavi.

Tutti i pozzetti esplorativi presentano una porzione superficiale rimaneggiata e di deposizione antropica. Talora sono presenti frammenti di laterizi e materiali di chiara origine antropica. La presenza di questi materiali, seppur evidente, è generalmente poco abbondante ed i resti di materiale da costruzione risultano sparsi nella matrice di terreno che nel complesso ha composizione sabbioso ghiaiosa. Al disotto dei 70 cm di profondità non si nota la presenza di frammenti di nmacerie ed il terreno risulta generalmente da sabbioso ghiaioso a sabbioso ghiaioso con limo.

Al disotto di 1.90 m dal piano campagna nella maggior parte dei pozzetti, tranne il TP1, sono state riscontrate delle venute d'acqua. Non è certo che in tutti i casi si tratti di una vera e propria falda ed in alcuni casi potrebbe trattarsi dell'accumulo nel pozzetto di acqua di percolazione proveniente dall'intorno dello scavo.

Le stratigrafie e le fotografie dei pozzetti sono riportate in allegato.

Figura 7.1 Una fase di scavo dei pozzetti esplorativi.

8. PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Per la caratterizzazione delle condizioni di addensamento e della risposta elastica dei terreni superficiali nelle attuali condizioni (ante-operam) sono state condotte 10 prove di carico su piastra.

Le prove sono state eseguite mediante piastra circolare di diametro pari a 300 mm, seguendo le modalità operative della normativa di riferimento CNR B.U. n.146.

Le prove sono state eseguite a seguito di uno scotico di circa 50 cm del piano campagna e senza compattazione preventiva del piano di posa della piastra: in questo modo è possibile valutare sia le condizioni dell'attuale stato addensamento del terreno (primo ciclo di carico) sia le potenzialità di compattazione del terreno presente in sito a seguito di un'eventuale attività di compattazione (secondo ciclo di carico).

Per l'esecuzione delle prove è stata utilizzata una piastra circolare in acciaio di diametro pari a 300 mm ed il contrasto è stato fornito da un camion caricato con bulk e fornendo la spinta con un martinetto idraulico posto al disotto dell'assale posteriore del camion.

Figura 8.1. Esecuzione di una delle prove di carico (PLT7).

Figura 8.2. Particolare del posizionamento del martinetto di spinta al disotto del camion utilizzato come contrasto.

I risultati delle prove di carico su piastra sono riportati nelle figure dalla 8.3 alla 8.12.

Dall'analisi dei risultati delle prove si rileva una certa disomogeneità, dovuta alle condizioni differenti di addensamento dei terreni nelle varie zone in cui sono state condotte le prove.

I moduli di deformazione del primo ciclo nella media sono piuttosto buoni, a meno della prova PLT1, che presenta un modulo decisamente basso (8 N/mm^2). Pertanto il grado di addensamento dei terreni in condizioni vergini, tranne che nel caso della PLT1, è discreto.

Relativamente ai moduli del secondo ciclo, che indicano il potenziale di compattazione dei terreni investigati, si può affermare che generalmente i valori dei moduli sono molto buoni, a meno sempre del modulo della prova PLT1, che anche nel secondo ciclo non raggiunge un valore particolarmente elevato (27 N/mm^2). Le restanti prove nel secondo ciclo raggiungono in genere valori che denotano un buon potenziale di compattazione. Si ritiene quindi che nelle fasi esecutive non si incontreranno significativi problemi per ottenere adeguati gradi di addensamento dei materiali utilizzando i metodi tradizionali di compattazione mediante rullatura.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509895.38 m
Data della prova:	16/01/2025	Nord = 5023527.18 m
Identificativo della prova:	**PLT1**	Quota = 101.32 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	1440	1803	2711				0	0.00	
0.05	1386	1694	2579	54	109	132	0.98	0.98	9
0.15	874	1331	2177	566	472	534	5.24	4.26	7
0.25	510	964	1763	930	839	948	9.06	3.82	**8**
0.35	152	585	1273	1288	1218	1438	13.15	4.09	7
0.05	348	774	1681	1092	1029	1030	10.50	-2.64	n.a. (scarico)
0.15	291	720	1515	1149	1083	1196	11.43	0.92	32
0.25	189	623	1383	1251	1180	1328	12.53	1.10	**27**

Moduli di deformazione:

Md: **8** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **27** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.29** [-]

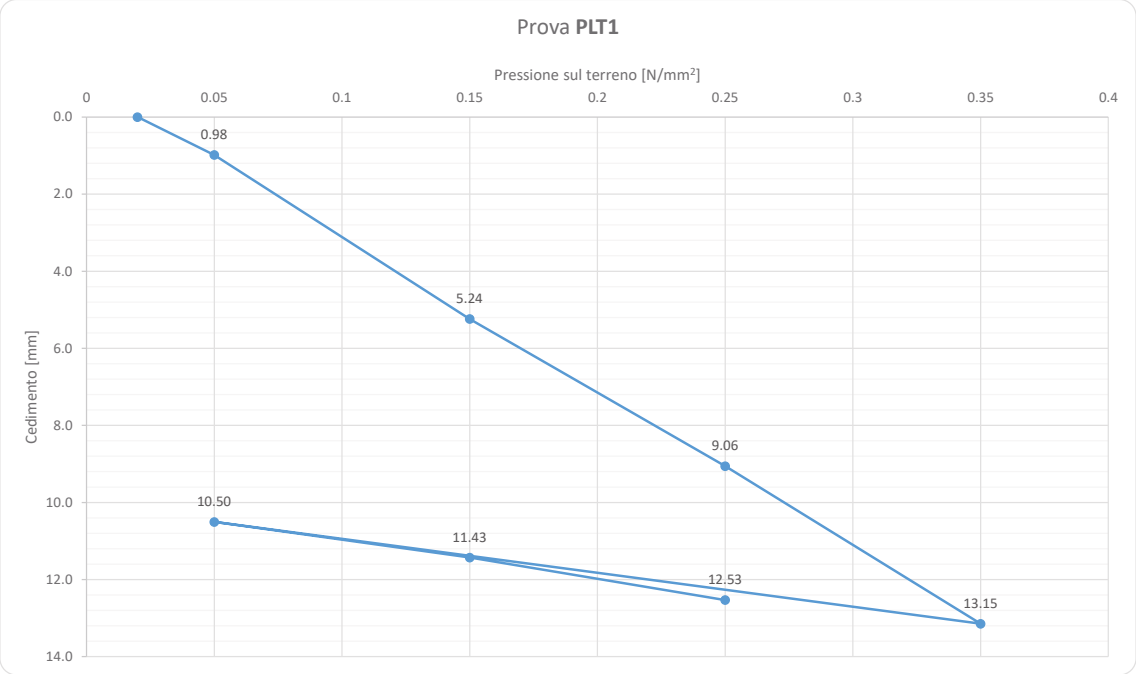


Figura 8.3. Risultati della prova di carico su piastra PLT1.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509810.88 m
Data della prova:	17/01/2025	Nord = 5023418.30 m
Identificativo della prova:	**PLT2**	Quota = 100.71 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	710	2446	646				0	0.00	
0.05	691	2430	624	19	16	22	0.19	0.19	47
0.15	583	2326	462	127	120	184	1.44	1.25	24
0.25	390	2263	337	320	183	309	2.71	1.27	**24**
0.35	285	2183	232	425	263	414	3.67	0.97	31
0.05	374	2256	340	336	190	306	2.77	-0.90	n.a. (scarico)
0.15	353	2238	320	357	208	326	2.97	0.20	153
0.25	325	2215	295	385	231	351	3.22	0.25	**118**

Moduli di deformazione:

Md: **24** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **118** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.20** [-]

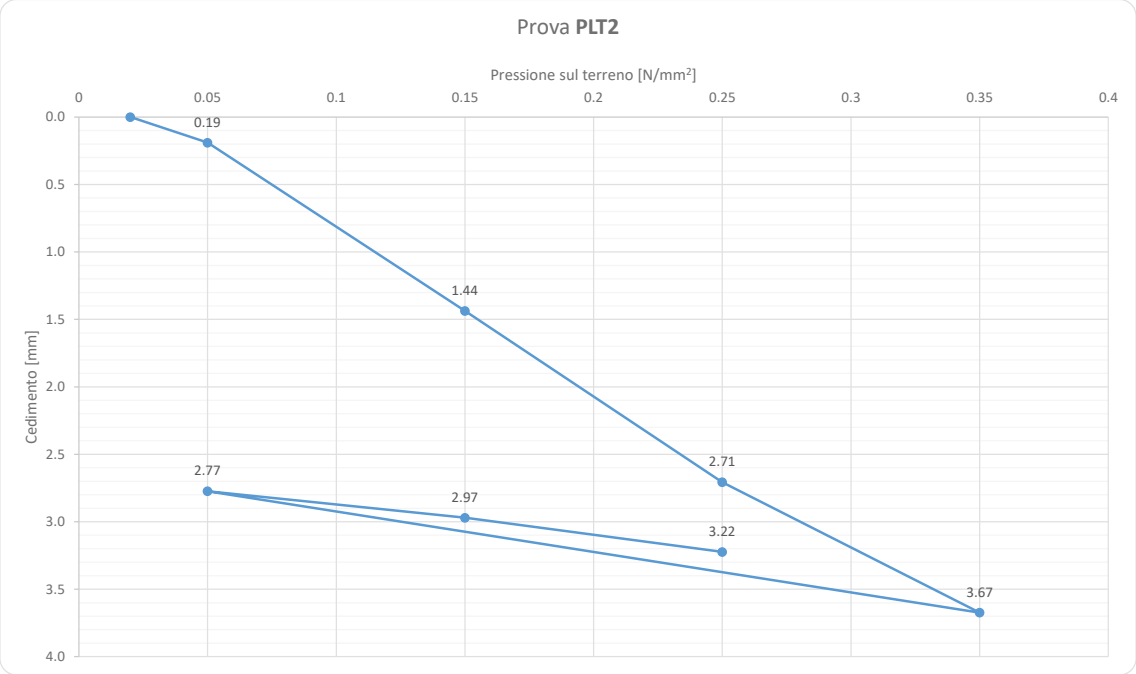


Figura 8.4. Risultati della prova di carico su piastra PLT2.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509853.83 m
Data della prova:	17/01/2025	Nord = 5023475.83 m
Identificativo della prova:	**PLT3**	Quota = 100.79 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	855	2925	3410				0	0.00	
0.05	840	2907	3393	15	18	17	0.17	0.17	54
0.15	766	2822	3290	89	103	120	1.04	0.87	34
0.25	693	2721	3172	162	204	238	2.01	0.97	**31**
0.35	628	2639	3039	227	286	371	2.95	0.93	32
0.05	681	2720	3129	174	205	281	2.20	-0.75	n.a. (scarico)
0.15	661	2700	3113	194	225	297	2.39	0.19	161
0.25	650	2668	3090	205	257	320	2.61	0.22	**136**

Moduli di deformazione:

Md: **31** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **136** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.23** [-]

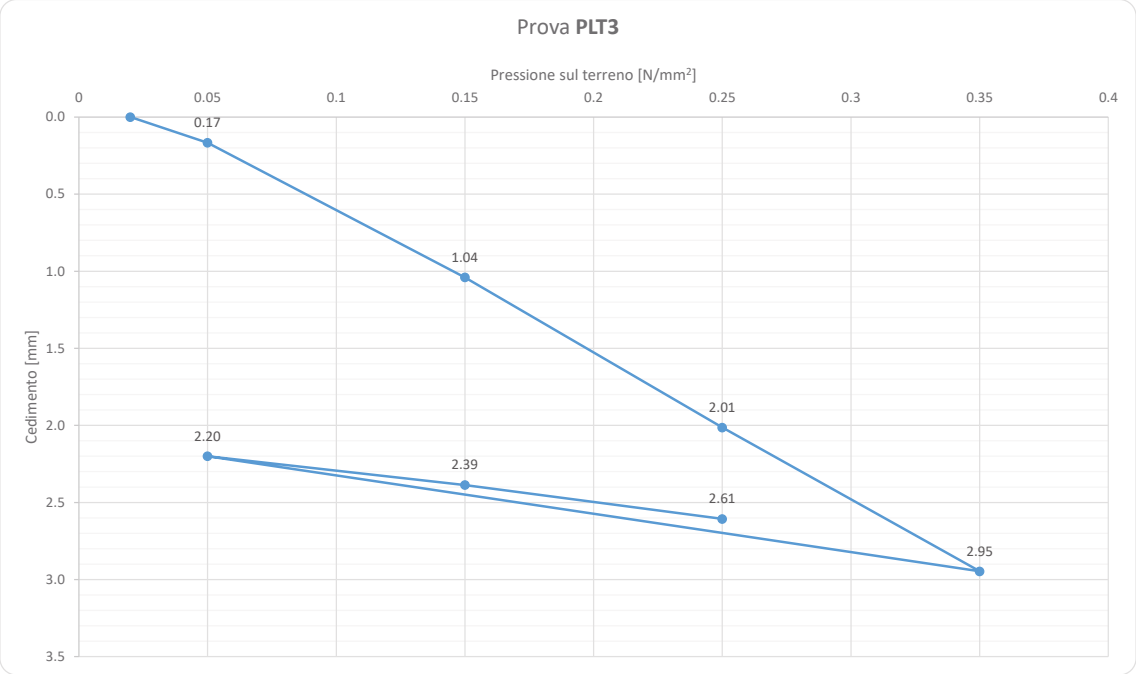


Figura 8.5. Risultati della prova di carico su piastra PLT3.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509979.00 m
Data della prova:	16/01/2025	Nord = 5023474.92 m
Identificativo della prova:	**PLT4**	Quota = 100.06 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	855	2540	3621				0	0.00	
0.05	835	2490	3610	20	50	11	0.27	0.27	33
0.15	800	2400	3550	55	140	71	0.89	0.62	49
0.25	687	2291	3427	168	249	194	2.04	1.15	**26**
0.35	555	2171	3307	300	369	314	3.28	1.24	24
0.05	640	2250	3410	215	290	211	2.39	-0.89	n.a. (scarico)
0.15	620	2238	3380	235	302	241	2.59	0.21	145
0.25	600	2207	3351	255	333	270	2.86	0.27	**113**

Moduli di deformazione:

Md: **26** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **113** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.23** [-]

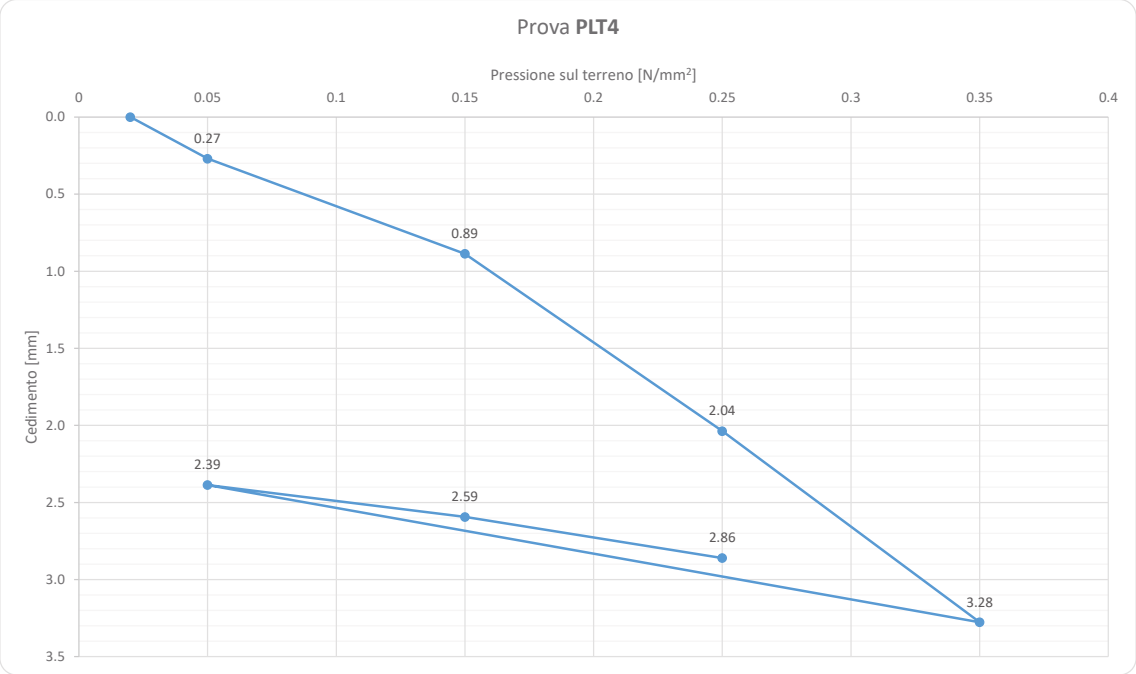


Figura 8.6. Risultati della prova di carico su piastra PLT4.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509899.31 m
Data della prova:	16/01/2025	Nord = 5023348.18 m
Identificativo della prova:	**PLT5**	Quota = 100.73 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	3429	1360	2546				0	0.00	
0.05	3403	1345	2524	26	15	22	0.21	0.21	43
0.15	3259	1252	2378	170	108	168	1.49	1.28	23
0.25	3145	1193	2259	284	167	287	2.46	0.97	**31**
0.35	3060	1117	2165	369	243	381	3.31	0.85	35
0.05	3122	1199	2248	307	161	298	2.55	-0.76	n.a. (scarico)
0.15	3105	1182	2230	324	178	316	2.73	0.17	173
0.25	3090	1171	2207	339	189	339	2.89	0.16	**184**

Moduli di deformazione:

Md: **31** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **184** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.17** [-]

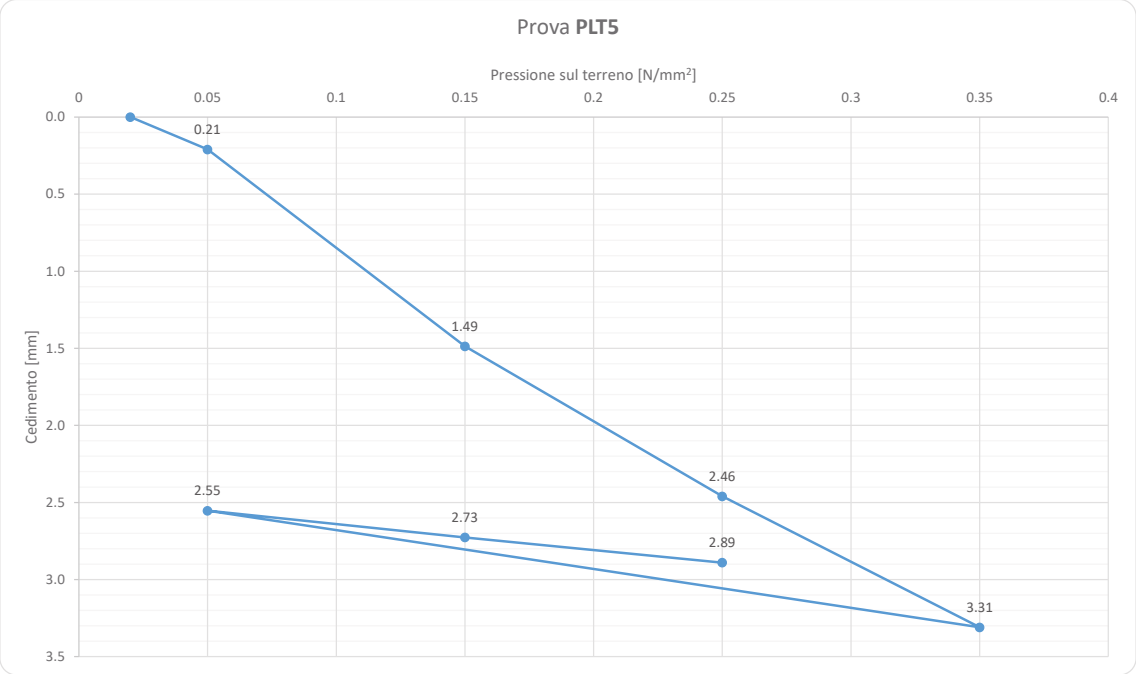


Figura 8.7. Risultati della prova di carico su piastra PLT5.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509931.30 m
Data della prova:	16/01/2025	Nord = 5023414.48 m
Identificativo della prova:	**PLT6**	Quota = 100.75 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	3280	2702	1385				0	0.00	
0.05	3249	2674	1351	31	28	34	0.31	0.31	29
0.15	3191	2609	1290	89	93	95	0.92	0.61	49
0.25	3087	2525	1200	193	177	185	1.85	0.93	**32**
0.35	3027	2473	1102	253	229	283	2.55	0.70	43
0.05	3090	2530	1157	190	172	228	1.97	-0.58	n.a. (scarico)
0.15	3069	2501	1140	211	201	245	2.19	0.22	134
0.25	3042	2477	1121	238	225	264	2.42	0.23	**129**

Moduli di deformazione:

Md: **32** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **129** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.25** [-]

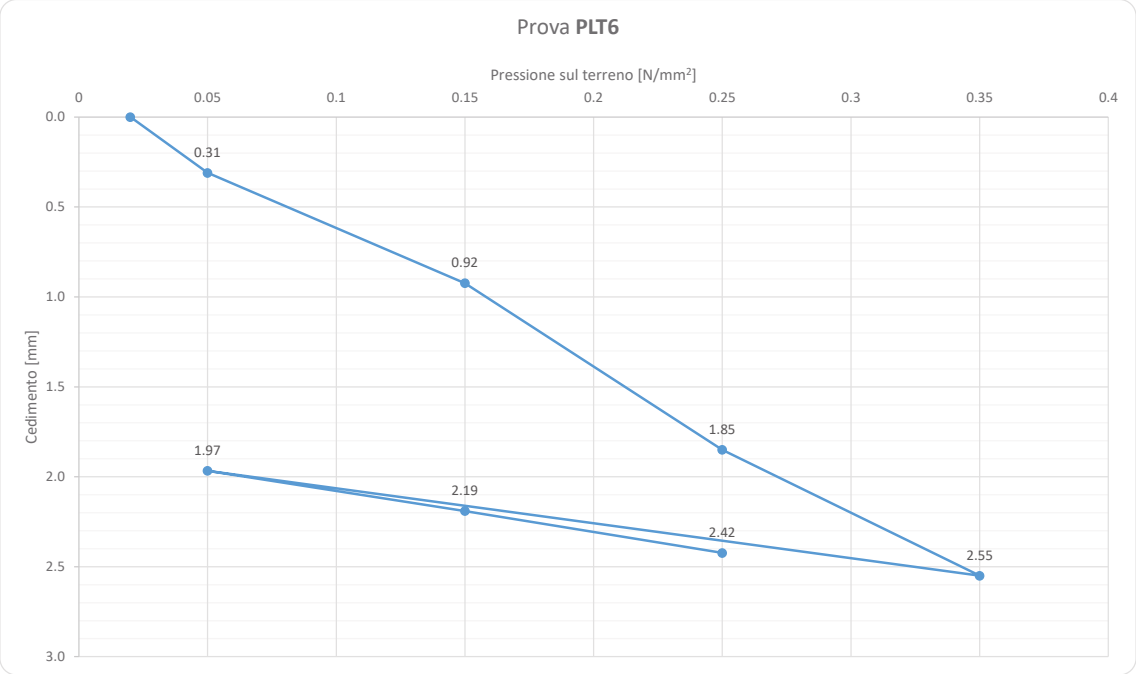


Figura 8.8. Risultati della prova di carico su piastra PLT6.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509810.27 m
Data della prova:	17/01/2025	Nord = 5023498.95 m
Identificativo della prova:	**PLT7**	Quota = 100.60 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	865	2580	3331				0	0.00	
0.05	825	2478	3272	40	102	59	0.67	0.67	13
0.15	695	2353	3115	170	227	216	2.04	1.37	22
0.25	541	2205	2935	324	375	396	3.65	1.61	**19**
0.35	420	2098	2799	445	482	532	4.86	1.21	25
0.05	540	2221	2945	325	359	386	3.57	-1.30	n.a. (scarico)
0.15	517	2146	2921	348	434	410	3.97	0.41	74
0.25	468	2156	2872	397	424	459	4.27	0.29	**102**

Moduli di deformazione:

Md: **19** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **102** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.18** [-]

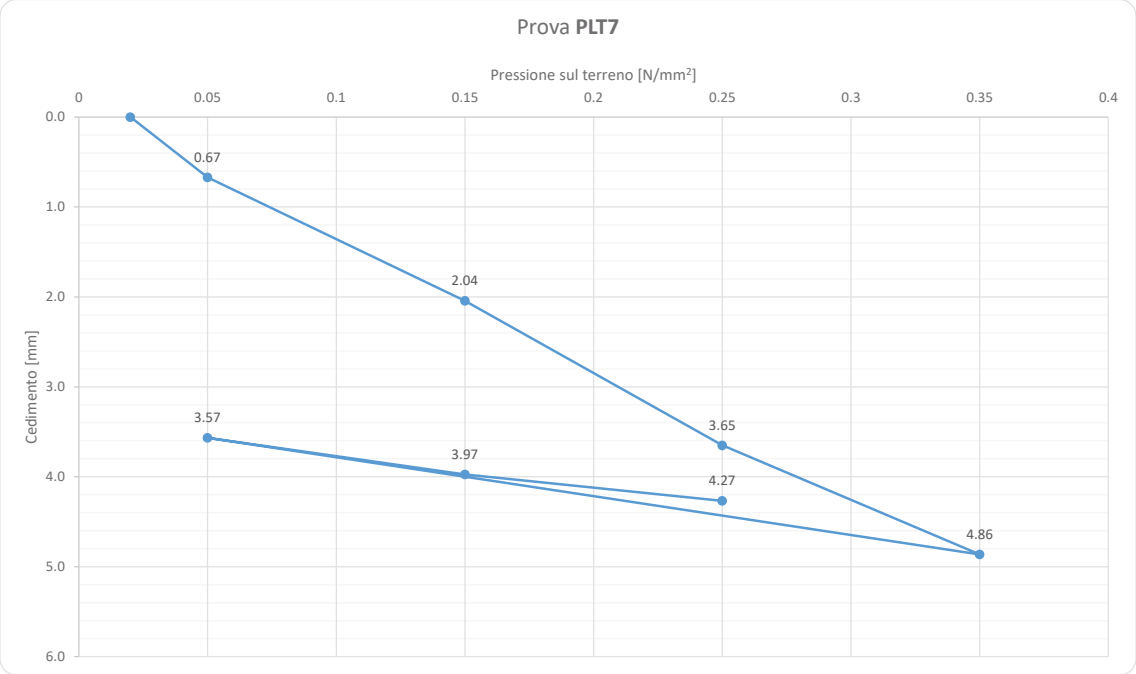


Figura 8.9. Risultati della prova di carico su piastra PLT7.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509776.43 m
Data della prova:	17/01/2025	Nord = 5023457.20 m
Identificativo della prova:	**PLT8**	Quota = 100.51 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	3486	3915	1458				0	0.00	
0.05	3455	3892	1438	31	23	20	0.25	0.25	36
0.15	3305	3788	1300	181	127	158	1.55	1.31	23
0.25	3185	3671	1175	301	244	283	2.76	1.21	**25**
0.35	3062	3420	1040	424	495	418	4.46	1.70	18
0.05	3174	3556	1120	312	359	338	3.36	-1.09	n.a. (scarico)
0.15	3132	3518	1072	354	397	386	3.79	0.43	70
0.25	3068	3462	1007	418	453	451	4.41	0.62	**49**

Moduli di deformazione:

Md: **25** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **49** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.51** [-]

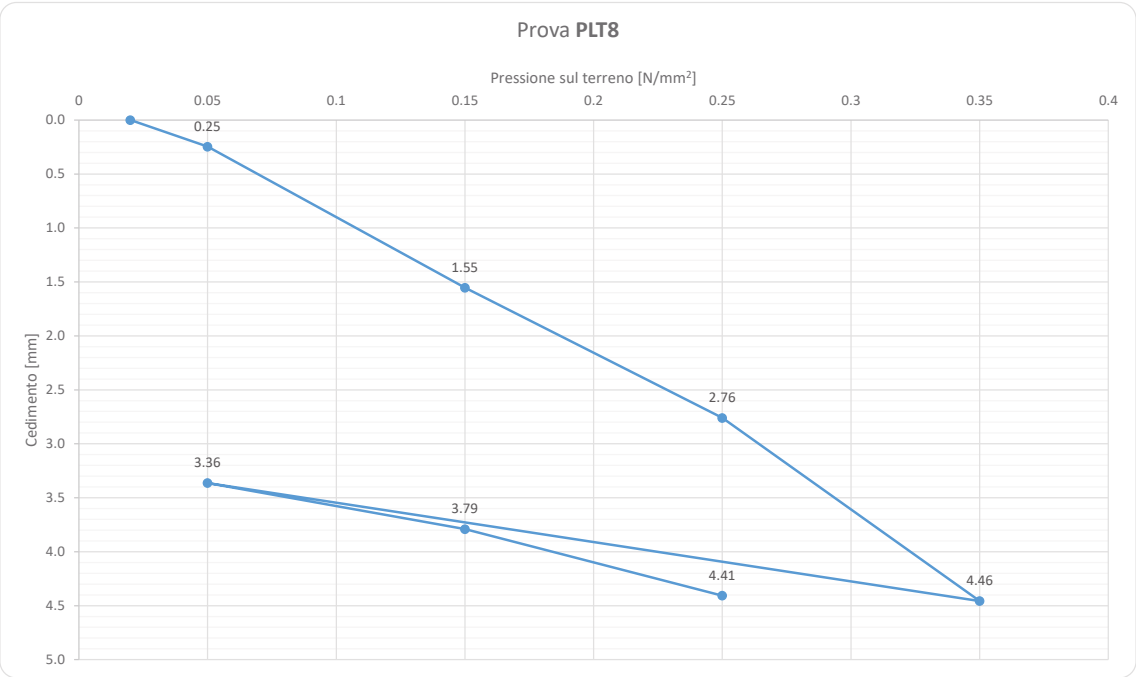


Figura 8.10. Risultati della prova di carico su piastra PLT8.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509962.40 m
Data della prova:	16/01/2025	Nord = 5023544.98 m
Identificativo della prova:	**PLT9**	Quota = 100.44 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	2209	3471	1829				0	0.00	
0.05	2200	3461	1801	9	10	28	0.16	0.16	57
0.15	2052	3309	1721	157	162	108	1.42	1.27	24
0.25	1869	3109	1528	340	362	301	3.34	1.92	**16**
0.35	1686	2835	1274	523	636	555	5.71	2.37	13
0.05	1770	2914	1365	439	557	464	4.87	-0.85	n.a. (scarico)
0.15	1745	2899	1339	464	572	490	5.09	0.22	136
0.25	1728	2877	1320	481	594	509	5.28	0.19	**155**

Moduli di deformazione:

Md: **16** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **155** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.10** [-]

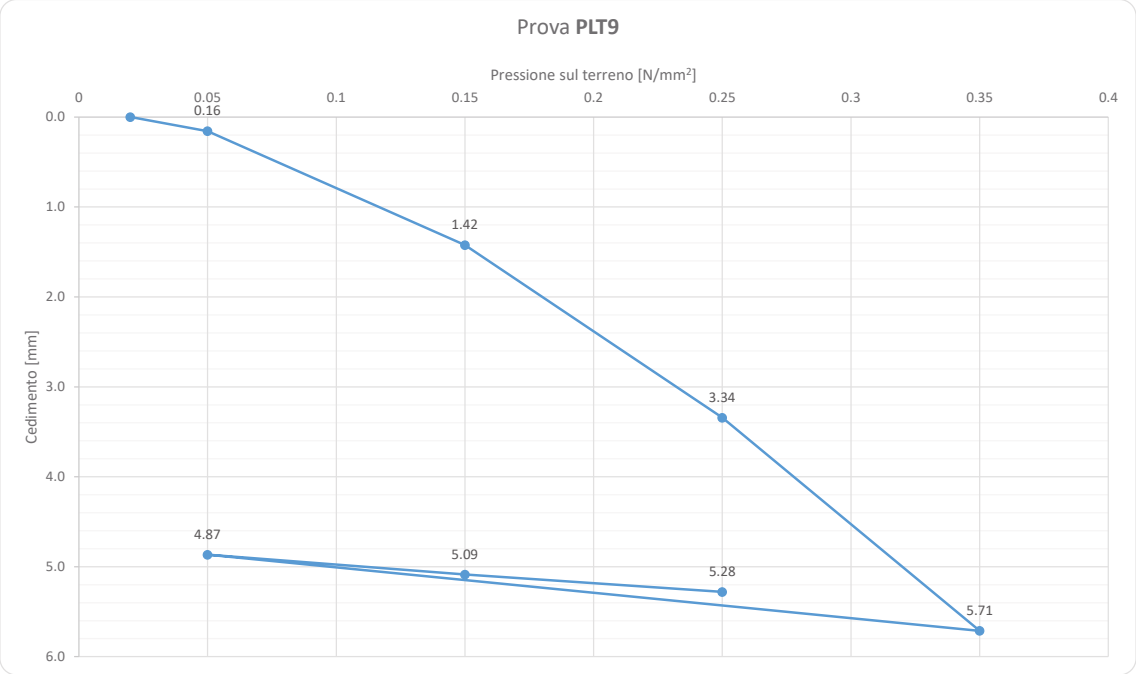


Figura 8.11. Risultati della prova di carico su piastra PLT9.

Cantiere:	Zibido San Giacomo - MXP 109 Design	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509953.31 m
Data della prova:	16/01/2025	Nord = 5023522.87 m
Identificativo della prova:	**PLT10**	Quota = 100.20 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	706	2961	1721				0	0.00	
0.05	698	2947	1706	8	14	15	0.12	0.12	73
0.15	650	2841	1600	56	120	121	0.99	0.87	35
0.25	573	2734	1484	133	227	237	1.99	1.00	**30**
0.35	488	2357	1409	218	604	312	3.78	1.79	17
0.05	499	2700	1450	207	261	271	2.46	-1.32	n.a. (scarico)
0.15	475	2685	1435	231	276	286	2.64	0.18	167
0.25	452	2661	1410	254	300	311	2.88	0.24	**125**

Moduli di deformazione:

Md: **30** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **125** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.24** [-]

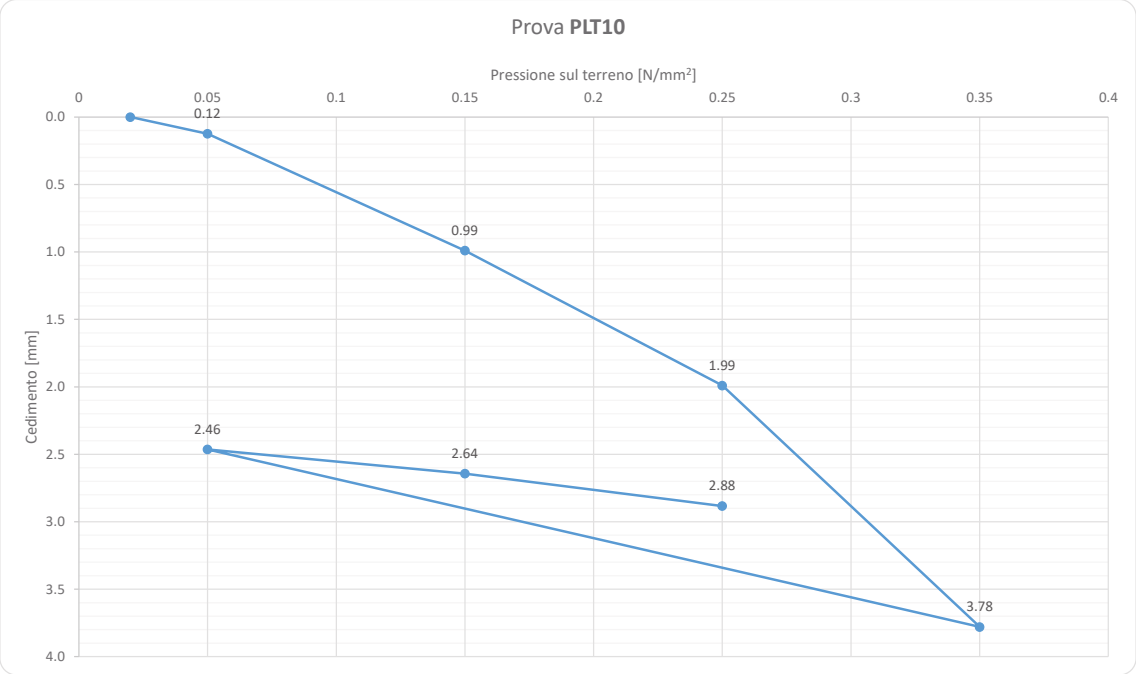


Figura 8.12. Risultati della prova di carico su piastra PLT10.

9. PROVE DI RESISTIVITA' ELETTRICA

L'indagine geoelettrica è consistita nell'esecuzione di quattro stese di tipo SEV (sondaggi elettrici verticali), indicate con le sigle da SEV1 a SEV4. I sondaggi elettrici verticali vengono eseguiti per valutare la distribuzione verticale delle caratteristiche di resistività elettrica del terreno. I rilievi sono stati eseguiti adottando una disposizione degli elettrodi di tipo Wenner, che prevede l'utilizzo di due elettrodi di corrente esterni, generalmente indicati con le sigle A e B, e due elettrodi di misura di potenziale interni, generalmente indicati con le sigle M e N.

Una corrente continua viene immessa nel terreno, mediante i due elettrodi di corrente, mentre la resistenza viene misurata ai due elettrodi di potenziale. Dato che, a parità di condizioni al contorno, la profondità d'indagine è funzione della distanza tra gli elettrodi, il sondaggio elettrico verticale si esegue effettuando una serie di misure che adottano spaziature tra gli elettrodi crescenti e misurando, per ciascuna distanza elettrodica, la resistenza ai due elettrodi di potenziale. Questa procedura, con il progressivo aumento della distanza tra gli elettrodi, consente di investigare livelli di terreno a profondità crescenti.

La resistività apparente del terreno, per ciascuna misura, è proporzionale alla resistenza misurata, come indicato di seguito:

$$\rho_{app} = F \cdot R$$

dove:

R = Resistenza misurata tra i due elettrodi di potenziale;

F = Fattore di forma;

ρ_{app} = resistività apparente.

Poiché il terreno non è un mezzo elettricamente omogeneo ed isotropo la resistività che deriva dall'applicazione della suddetta relazione è definita

resistività apparente, cioè dovuta all'effetto globale delle resistività effettive di tutti i livelli di terreno attraversati dal campo elettrico durante la misura.

Le misure di resistività elettrica sono state eseguite con spaziature MN pari a 0.6m, 1m, 2m, 4m, 6m, 8m, 10m, 12m, 14m, 16m, 18m, 20m a cui corrispondono lunghezze totali della stesa elettrodica variabili tra 1.8 metri e 60 metri.

Le indagini geoelettriche sono state eseguite utilizzando un georesistivimetro a controllo digitale avente le caratteristiche principali elencate di seguito:

- Misurazione della resistenza del terreno in un intervallo compreso tra 0.01 Ω e 19990 Ω;
- Precisione della misura pari a 1% della lettura;
- Frequenza di prova 128Hz ±0.5Hz;
- Annullamento dei potenziali spontanei;
- Corrente di prova variabile in funzione delle caratteristiche di resistività del terreno investigato;
- Drift di temperatura inferiore allo 0,1% in un campo compreso tra –5°C e +55°C;

Nel complesso sono stati rilevati valori di resistività non molto elevati. Bisogna evidenziare che le stese geoelettriche non sono state condotte nella zona del sito in cui è presente la geomembrana in HDPE: tale membrana, che costituisce un isolante molto efficace, avrebbe falsato in modo significativo le misure portando le resistività apparenti medie a valori molto elevati e non rappresentativi del contributo del terreno ma principalmente dovuti all'influenza della membrana isolante.

La presenza della falda poco profonda ed una componente limosa che spesso si rinviene anche nei depositi superficiali di origine antropica, tende a smorzare

il caratteristico aumento dei valori della resistività apparente al diminuire della spaziatura tra gli elettrodi. In tutti i sondaggi geoelettrici effettuati, infatti, le differenze di resistività apparente tra le misure con spaziature degli elettrodi contenute e quelle con spaziature tra gli elettrodi ampie sono nel complesso poco accentuate. In pratica in tutti i sondaggi elettrici eseguiti si nota una contenuta diminuzione della resistività con la profondità. Nel complesso, comunque si può senza dubbio affermare che i valori di resistività misurati non sono mai particolarmente elevati e non si prevede alcun problema per un'efficace implementazione delle reti di messa a terra.

Le tabelle dalla 9.I alla 9.IV riportano i risultati delle quattro prove di resistività elettrica.

Una fase dell'esecuzione dei rilevi geoelettrici è mostrata nella figura 9.1.

Figura 9.1. Una fase delle indagini geoelettriche

PROVA DI RESISTIVITA' ELETTRICA - METODO WENNER

Data: 13/01/2025

Progetto: MXP 109 Design - Zibido San Giacomo (MI)

Test n.: **SEV1**

Coordinate centro stesa: E = 509967.44 N = 5023503.29 Quota = 100.25

Condizioni meteo: Sereno

Condizioni del terreno in superficie: Lievemente umido

Note:

Lettura n.	Spaziatura (MN) (m)	Resistenza (R) (Ω)	Resistività apparente (ρ) (Ωm)	Note
1	0.6	36.34	136.99	
2	1.0	21.17	133.01	
3	2.0	9.75	122.52	
4	4.0	4.29	107.82	
5	6.0	2.64	99.52	
6	8.0	1.87	93.99	
7	10.0	1.45	91.10	
8	12.0	1.18	88.97	
9	14.0	0.99	87.08	
10	16.0	0.83	83.44	
11	18.0	0.70	79.17	
12	20.0	0.59	74.14	

Resistività media (Ωm) **99.81**

Tabella 9.I. Risultati della prova di resistività elettrica SEV1.

PROVA DI RESISTIVITA' ELETTRICA - METODO WENNER

Data: 13/01/2025

Progetto: MXP 109 Design - Zibido San Giacomo (MI)

Test n.: **SEV2**

Coordinate centro stesa: E = 509893.19 N = 5023522.87 Quota = 101.43 m s.l.m.

Condizioni meteo: Soleggiato

Condizioni del terreno in superficie: Lievemente umido

Note: Terreno in superficie granulare

Lettura n.	Spaziatura (MN) (m)	Resistenza (R) (Ω)	Resistività apparente (ρ) (Ωm)	Note
1	0.6	47.10	177.56	
2	1.0	31.07	195.21	
3	2.0	16.79	210.98	
4	4.0	7.96	200.05	
5	6.0	4.43	167.00	
6	8.0	2.75	138.23	
7	10.0	1.87	117.49	
8	12.0	1.37	103.29	
9	14.0	1.08	95.00	
10	16.0	0.94	94.50	
11	18.0	0.78	88.21	
12	20.0	0.55	69.11	

Resistività media (Ωm) **138.05**

Tabella 9.II. Risultati della prova di resistività elettrica SEV2.

PROVA DI RESISTIVITA' ELETTRICA - METODO WENNER

Data: 13/01/2025

Progetto: MXP 109 Design - Zibido San Giacomo (MI)

Test n.: **SEV3**

Coordinate centro stesa: E = 509818.79 m N = 5023470.94 m Quota = 100.72 m s.l.m.

Condizioni meteo: Soleggiato

Condizioni del terreno in superficie: Asciutto

Note: Terreno in superficie marcatamente granulare

Lettura n.	Spaziatura (MN) (m)	Resistenza (R) (Ω)	Resistività apparente (ρ) (Ωm)	Note
1	0.6	34.12	128.63	
2	1.0	19.97	125.47	
3	2.0	9.50	119.38	
4	4.0	4.25	106.81	
5	6.0	2.64	99.52	
6	8.0	1.87	93.99	
7	10.0	1.45	91.10	
8	12.0	1.19	89.72	
9	14.0	1.00	87.96	
10	16.0	0.84	84.44	
11	18.0	0.71	80.30	
12	20.0	0.60	75.40	

Resistività media (Ωm) **98.56**

Tabella 9.III. Risultati della prova di resistività elettrica SEV3.

PROVA DI RESISTIVITA' ELETTRICA - METODO WENNER

Data: 13/01/2025

Progetto: MXP 109 Design - Zibido San Giacomo (MI)

Test n.: **SEV4**

Coordinate centro stesa: E = 509796.89 m N = 5023447.26 m Quota = 100.38 m s.l.m.

Condizioni meteo: Soleggiato

Condizioni del terreno in superficie: Lievemente umido

Note: Eseguita la stesa con la massima estensione possibile compatibilmente con gli ostacoli presenti

Lettura n.	Spaziatura (MN) (m)	Resistenza (R) (Ω)	Resistività apparente (ρ) (Ωm)	Note
1	0.6	29.40	110.83	
2	1.0	12.12	76.15	
3	2.0	3.94	49.51	
4	4.0	2.27	57.05	
5	6.0	2.05	77.28	
6	8.0	1.76	88.46	
7	10.0	1.36	85.45	
8	12.0	1.03	77.66	

Resistività media (Ωm) **77.80**

Tabella 9.IV. Risultati della prova di resistività elettrica SEV4.

10. PROVE DI PERMEABILITA' E SLUG TEST

Durante l'esecuzione del sondaggio geognostico BH4 PZ sono state condotte due prove di permeabilità a carico variabile e successivamente all'installazione del piezometro, sempre nel nel foro di sondaggio BH4 PZ, è stato eseguito uno slug test.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc sono state eseguite alle profondità indicate di seguito:

- LF1-BH4: profondità di 25.0-26.0 m dal piano campagna;
- LF2-BH4: profondità di 35.0-36.0 m dal piano campagna.

Le due prove di permeabilità Lefranc sono state eseguite per abbassamento del carico idraulico e sono state condotte ed elaborate in base alle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana.

Per l'esecuzione della prova ad abbassamento del carico idraulico si immette dell'acqua pulita nel foro e si misura il livello dinamico, in abbassamento, dell'acqua. La perforazione, prima dell'esecuzione della prova di permeabilità, deve essere eseguita senza l'ausilio di fanghi o polimeri in aggiunta all'acqua.

Si aggiunge acqua nel foro innalzando il livello; all'istante in cui si sospende l'immissione si fa partire la misura dei tempi (t=0). Si eseguono quindi misure del livello a differenti intervalli di tempo, annotando i tempi e le relative altezze del livello dell'acqua nel foro.

I risultati delle prove di permeabilità con metodo Lefranc sono riassunti nelle tabelle 10.I e 10.II e nei grafici delle figure 10.1 e 10.2.

Test	**LF1-BH4**
Sondaggio	BH4
Data	20/01/2025
Diametro foro (m)	0.127
Profondità del sondaggio (m)	26.0
Profondità rivestimento (m)	25.0
Altezza rivestimento sopra p.c. (m)	0.80
Profondità di saturazione (m)	2.03
Altezza acqua a inizio prova H_0 (m)	2.83
Area tasca di prova (m^2)	0.0127
Lunghezza tasca di prova (m)	1.0
Fattore di forma	0.8

Dati di prova

Tempo (min)	Tempo (s)	Misura da testa tubo (m)	Battente h_w (m)	Permeabilità k (m/s)
0.0	0	0.000	2.830	
0.1	5	0.480	2.350	5.90E-04
1.0	60	1.600	1.230	1.87E-04
1.5	90	1.790	1.040	8.88E-05
2.0	120	1.970	0.860	1.01E-04
2.5	150	2.200	0.630	1.65E-04
3.0	180	2.400	0.430	2.02E-04
4.0	240	2.600	0.230	1.66E-04
5.0	300	2.800	0.030	5.39E-04
6.0	360	2.820	0.010	2.91E-04
7.0	420	2.830	0.000	-
8.0	480	2.830	0.000	-
10.0	600	2.830	0.000	-

Permeabilità media k (m/s) **2.59E-04**

Tabella 10.I. Dati e risultati della prova di permeabilità a carico variabile LF1-BH4 eseguita nel sondaggio BH4 PZ tra 25.0 m e 26.0 m di profondità.

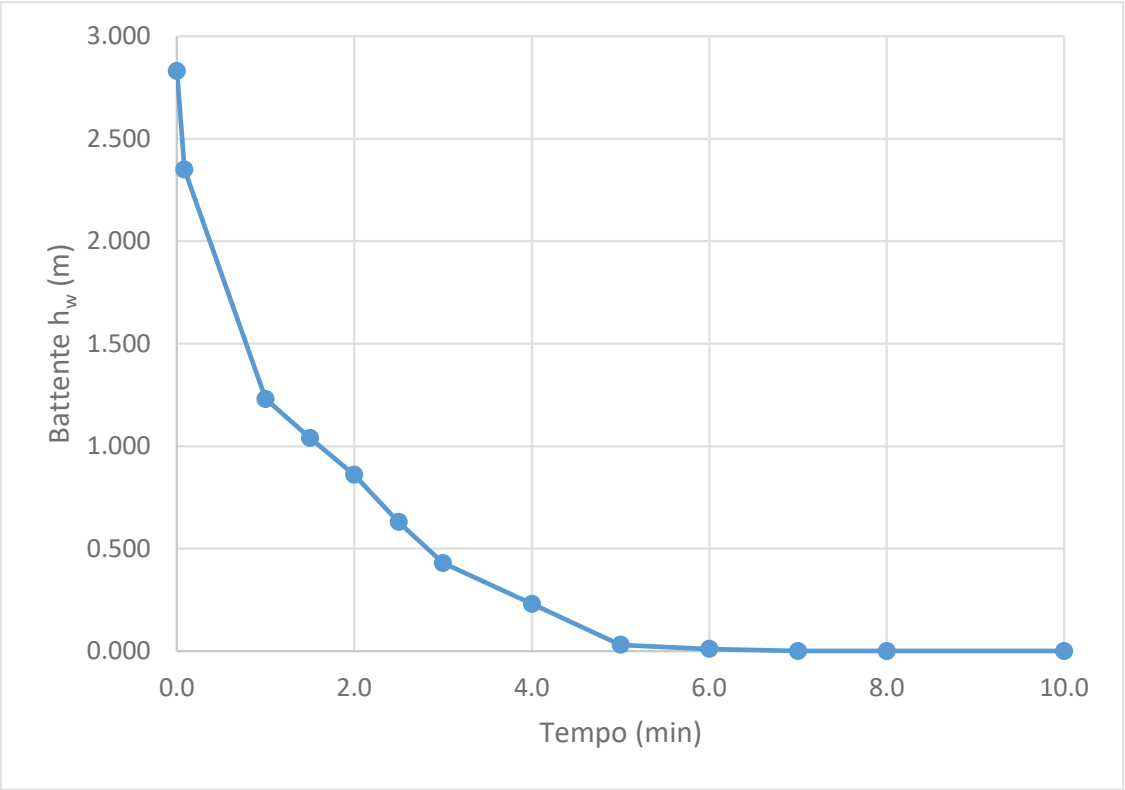


Figura 10.1. Andamento delle misure per la prova di permeabilità a carico variabile LF1-BH4 eseguita nel sondaggio BH4 PZ tra 25.0 m e 26.0 m di profondità.

Test	**LF2-BH4**
Sondaggio	BH4
Data	24/01/2025
Diametro foro (m)	0.127
Profondità del sondaggio (m)	36.0
Profondità rivestimento (m)	35.0
Altezza rivestimento sopra p.c. (m)	0.70
Profondità di saturazione (m)	2.00
Altezza acqua a inizio prova H_0 (m)	2.70
Area tasca di prova (m^2)	0.0127
Lunghezza tasca di prova (m)	1.0
Fattore di forma	0.8

Dati di prova

Tempo (min)	Tempo (s)	Misura da testa tubo (m)	Battente h_w (m)	Permeabilità k (m/s)
0.0	0	0.000	2.700	
0.1	5	0.130	2.570	1.57E-04
1.0	60	1.000	1.700	1.19E-04
1.5	90	1.350	1.350	1.22E-04
2.0	120	1.560	1.140	8.95E-05
2.5	150	1.720	0.980	8.00E-05
3.0	180	1.920	0.780	1.21E-04
4.0	240	2.200	0.500	1.18E-04
5.0	300	2.370	0.330	1.10E-04
6.0	360	2.500	0.200	1.32E-04
7.0	420	2.600	0.100	1.83E-04
8.0	480	2.670	0.030	3.19E-04
10.0	600	2.700	0.000	-
12.0	720	2.700	0.000	-

Permeabilità media k (m/s) **1.41E-04**

Tabella 10.II. Dati e risultati della prova di permeabilità a carico variabile LF2-BH4 eseguita nel sondaggio BH4 PZ tra 35.0 m e 36.0 m di profondità.

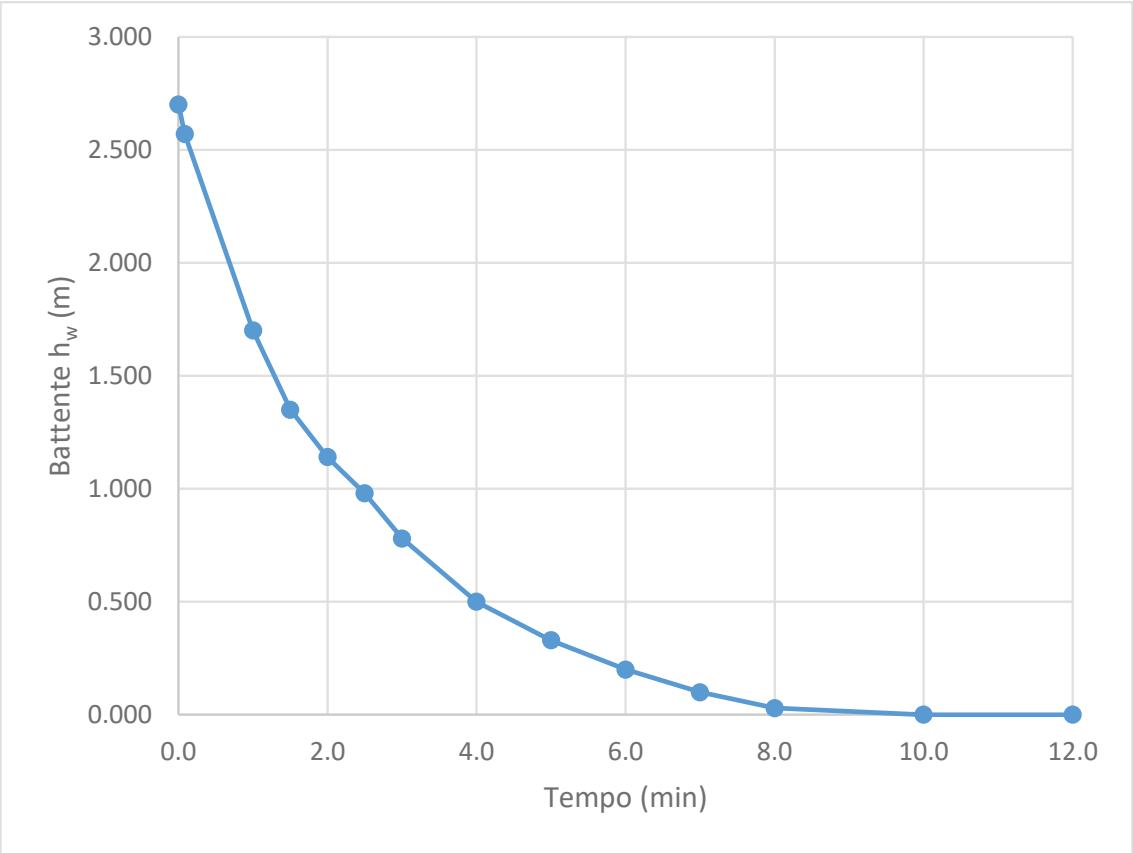


Figura 10.2. Andamento delle misure per la prova di permeabilità a carico variabile LF2-BH4 eseguita nel sondaggio BH4 PZ tra 35.0 m e 36.0 m di profondità.

Lo slug test, indicato con la sigla SLG1-BH4 è stato eseguito nel piezometro a tubo aperto, di diametro 3”, installato nel sondaggio BH4 PZ, con tratto filtrante compreso tra 24 m e 30 m dal piano campagna. Lo slug test è stato eseguito con inserimento di un mallet cilindrico di diametro pari a 50 mm e volume pari a 2.45 dm^3.

Per la registrazione delle variazioni del livello dell’acqua nel piezometro è stato installato nel foro un sensore di pressione e datalogger Soilnst Levelogger5, che è stato impostato con frequenza di campionamento pari a 8 campioni/sec (1 campione ogni 0.125 sec). E’ stata scelta una frequenza di campionamento

molto elevata in modo di poter fare fronte alla corretta elaborazione dei dati nel caso in cui l'acquifero potesse avere un comportamento di tipo underdamped, cioè, con predominanza della componente di inerzia nella variazione del livello della falda e quindi con conseguenza della necessità di eseguire l'elaborazione dei dati dello slug test con il metodo oscillatorio (oscillation test). In realtà si è visto che, a meno di una minima componente quasi istantanea ad inizio prova, il fenomeno oscillatorio nel caso del test in esame è del tutto assente. Chiaramente, l'elevato numero di campioni registrati non ha comportato alcun problema nel processing dei della prova, che in pratica ha mostrato un comportamento di tipo dumped.

L'elaborazione dei dati dello slug test è stata condotta mediante il programma Aquifer Test 12, della Waterloo Hydrogeologic.

I dati della prova sono stati elaborati applicando tre metodi classici interpretativi per test a componente principale non oscillatoria (comportamento damped) ed in particolare il metodo di Hvorslev, il metodo di Bouwer & Rice ed il metodo Dagan. Poiché per il metodo Bouwer & Rice si deve indicare lo spessore dell'acquifero, e non essendo noto con certezza questo dato, è stato ipotizzato uno spessore pari a 55 m, che è quello che meglio rispecchia i dati pubblicati per i pozzi limitrofi.

Con il metodo di Hvorslev la conducibilità idraulica dell'acquifero risulta pari a circa 1.34 x 10^{-4} m/s, mentre applicando il metodo di Bouwer & Rice si ottiene una conducibilità idraulica pari a circa 1.16 x 10^{-4} m/s. Infine, applicando il metodo di Dagan la conducibilità idraulica risulta pari a 1.23 x 10^{-4} m/s. I tre metodi concordano quindi in modo quasi perfettamente univoco nella determinazione della conducibilità idraulica dell'acquifero nell'intorno dell'area testata, che in media risulta pari a 1.24 x 10^{-4} m/s.

I risultati delle elaborazioni dello slug test sono riportati di seguito.

Waterloo

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data Page 1 of 7

Project: Zibido San Giacomo NXP109

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli	Test Date: 29/01/2025	
Water level at t=0 [m]: 4.22	Static Water Level [m]: 4.22	Water level change at t=0 [m]: 0.00

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
1	0.125	4.3059	0.0851
2	0.25	4.3095	0.0856
3	0.375	4.306	0.0852
4	0.5	4.306	0.0852
5	0.625	4.3091	0.0843
6	0.75	4.3042	0.0834
7	0.875	4.3028	0.082
8	1	4.3019	0.0811
9	1.125	4.3005	0.0797
10	1.25	4.30	0.0792
11	1.375	4.2983	0.0774
12	1.5	4.2979	0.0771
13	1.625	4.2967	0.0759
14	1.75	4.296	0.0742
15	1.875	4.2942	0.0734
16	2	4.2925	0.0721
17	2.125	4.2918	0.0707
18	2.25	4.2905	0.0697
19	2.375	4.2898	0.069
20	2.5	4.2881	0.0673
21	2.625	4.2866	0.0658
22	2.75	4.2841	0.0653
23	2.875	4.2849	0.0637
24	3	4.2833	0.0626
25	3.125	4.2819	0.0611
26	3.25	4.2812	0.0604
27	3.375	4.2798	0.059
28	3.5	4.2791	0.0583
29	3.625	4.2775	0.0571
30	3.75	4.2764	0.0556
31	3.875	4.2757	0.0549
32	4	4.275	0.0542
33	4.125	4.2736	0.0528
34	4.25	4.2727	0.0518
35	4.375	4.2714	0.0506
36	4.5	4.2709	0.0501
37	4.625	4.2701	0.0493
38	4.75	4.2689	0.0481
39	4.875	4.2684	0.0476
40	5	4.2678	0.0468
41	5.125	4.2666	0.0458
42	5.25	4.2659	0.0451
43	5.375	4.2654	0.0446
44	5.5	4.2648	0.044
45	5.625	4.2641	0.0433
46	5.75	4.2629	0.0421
47	5.875	4.2626	0.0418
48	6	4.2617	0.0409
49	6.125	4.2614	0.0406
50	6.25	4.2608	0.04
51	6.375	4.2601	0.0393
52	6.5	4.2594	0.0386
53	6.625	4.259	0.0382
54	6.75	4.2584	0.0376
55	6.875	4.258	0.0372
56	7	4.2574	0.0366
57	7.125	4.2568	0.0357

Waterloo

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 2 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP106

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
58	7.25	4.2662	0.0354
59	7.375	4.2657	0.0349
60	7.5	4.2654	0.0346
61	7.625	4.2646	0.034
62	7.75	4.264	0.0332
63	7.875	4.2637	0.0329
64	8	4.2633	0.0325
65	8.125	4.2629	0.0321
66	8.25	4.2627	0.0319
67	8.375	4.262	0.0312
68	8.5	4.2616	0.0308
69	8.625	4.2612	0.0304
70	8.75	4.261	0.0302
71	8.875	4.2604	0.0296
72	9	4.2602	0.0294
73	9.125	4.2597	0.0289
74	9.25	4.2592	0.0284
75	9.375	4.2587	0.0279
76	9.5	4.2582	0.0274
77	9.625	4.248	0.0272
78	9.75	4.2475	0.0267
79	9.875	4.247	0.0262
80	10	4.2469	0.0261
81	10.125	4.2465	0.0257
82	10.25	4.2462	0.0254
83	10.375	4.2465	0.0247
84	10.5	4.2453	0.0245
85	10.625	4.246	0.0242
86	10.75	4.2446	0.024
87	10.875	4.2444	0.0236
88	11	4.2443	0.0235
89	11.125	4.2434	0.0226
90	11.25	4.2435	0.0227
91	11.375	4.2431	0.0223
92	11.5	4.2426	0.0218
93	11.625	4.2422	0.0214
94	11.75	4.2419	0.0211
95	11.875	4.2418	0.021
96	12	4.2415	0.0207
97	12.125	4.2412	0.0204
98	12.25	4.2407	0.0199
99	12.375	4.2406	0.0198
100	12.5	4.24	0.0192
101	12.625	4.24	0.0192
102	12.75	4.2397	0.0189
103	12.875	4.2396	0.0188
104	13	4.2394	0.0186
105	13.125	4.2392	0.0184
106	13.25	4.2387	0.0179
107	13.375	4.2383	0.0175
108	13.5	4.2384	0.0176
109	13.625	4.238	0.0172
110	13.75	4.2378	0.017
111	13.875	4.2375	0.0167
112	14	4.2373	0.0165
113	14.125	4.237	0.0162
114	14.25	4.2369	0.0161
115	14.375	4.2367	0.0159
116	14.5	4.2363	0.0155
117	14.625	4.2361	0.0153
118	14.75	4.2361	0.0153
119	14.875	4.2360	0.0151

Waterloo

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 18
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 3 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
120	15	4.2364	0.0146
121	15.125	4.2363	0.0145
122	15.25	4.2365	0.0147
123	15.375	4.236	0.0142
124	15.5	4.2347	0.0139
125	15.625	4.2345	0.0137
126	15.75	4.2343	0.0135
127	15.875	4.2341	0.0133
128	16	4.2341	0.0133
129	16.125	4.2339	0.0131
130	16.25	4.2335	0.0127
131	16.375	4.2335	0.0127
132	16.5	4.2333	0.0125
133	16.625	4.2331	0.0123
134	16.75	4.2327	0.0119
135	16.875	4.2329	0.0121
136	17	4.2326	0.0118
137	17.125	4.2323	0.0115
138	17.25	4.2321	0.0113
139	17.375	4.2323	0.0115
140	17.5	4.232	0.0112
141	17.625	4.2317	0.0109
142	17.75	4.2315	0.0107
143	17.875	4.2318	0.011
144	18	4.2311	0.0103
145	18.125	4.2313	0.0105
146	18.25	4.2311	0.0103
147	18.375	4.231	0.0102
148	18.5	4.2308	0.01
149	18.625	4.2307	0.0099
150	18.75	4.2307	0.0099
151	18.875	4.2306	0.0098
152	19	4.2301	0.0093
153	19.125	4.2302	0.0094
154	19.25	4.23	0.0092
155	19.375	4.2299	0.0091
156	19.5	4.2297	0.0089
157	19.625	4.2297	0.0089
158	19.75	4.2297	0.0089
159	19.875	4.2297	0.0089
160	20	4.2293	0.0085
161	20.125	4.2291	0.0083
162	20.25	4.2292	0.0084
163	20.375	4.2288	0.008
164	20.5	4.2287	0.0079
165	20.625	4.2287	0.0079
166	20.75	4.2286	0.0077
167	20.875	4.2288	0.008
168	21	4.2286	0.0077
169	21.125	4.2283	0.0075
170	21.25	4.2283	0.0075
171	21.375	4.2282	0.0074
172	21.5	4.228	0.0072
173	21.625	4.2283	0.0075
174	21.75	4.228	0.0072
175	21.875	4.2277	0.0069
176	22	4.2275	0.0067
177	22.125	4.2279	0.0071
178	22.25	4.2275	0.0067
179	22.375	4.2274	0.0066
180	22.5	4.2274	0.0066
181	22.625	4.2276	0.0068

Waterloo

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 4 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP100

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
182	22.75	4.227	0.0062
183	22.875	4.2267	0.0059
184	23	4.227	0.0062
185	23.125	4.2268	0.006
186	23.25	4.2267	0.0059
187	23.375	4.2267	0.0059
188	23.5	4.2268	0.006
189	23.625	4.2264	0.0056
190	23.75	4.2266	0.0058
191	23.875	4.2263	0.0055
192	24	4.2264	0.0056
193	24.125	4.2265	0.0057
194	24.25	4.2261	0.0053
195	24.375	4.226	0.0052
196	24.5	4.2261	0.0053
197	24.625	4.2261	0.0053
198	24.75	4.2261	0.0053
199	24.875	4.2259	0.0051
200	25	4.2257	0.0049
201	25.125	4.2257	0.0049
202	25.25	4.2259	0.0051
203	25.375	4.2257	0.0049
204	25.5	4.2256	0.0048
205	25.625	4.2258	0.005
206	25.75	4.2256	0.0048
207	25.875	4.2254	0.0046
208	26	4.2254	0.0046
209	26.125	4.2254	0.0046
210	26.25	4.2252	0.0044
211	26.375	4.2251	0.0043
212	26.5	4.2253	0.0045
213	26.625	4.2246	0.004
214	26.75	4.2246	0.004
215	26.875	4.2245	0.0042
216	27	4.2247	0.0039
217	27.125	4.2246	0.004
218	27.25	4.2249	0.0041
219	27.375	4.2247	0.0039
220	27.5	4.2246	0.0038
221	27.625	4.2249	0.0041
222	27.75	4.2249	0.0041
223	27.875	4.2242	0.0034
224	28	4.2243	0.0035
225	28.125	4.2247	0.0039
226	28.25	4.2246	0.0038
227	28.375	4.2244	0.0036
228	28.5	4.2243	0.0035
229	28.625	4.2246	0.0038
230	28.75	4.2243	0.0035
231	28.875	4.2243	0.0035
232	29	4.2242	0.0034
233	29.125	4.224	0.0032
234	29.25	4.2237	0.0029
235	29.375	4.2241	0.0033
236	29.5	4.224	0.0032
237	29.625	4.224	0.0032
238	29.75	4.2241	0.0033
239	29.875	4.2238	0.003
240	30	4.2234	0.0026
241	30.125	4.2239	0.0031
242	30.25	4.2239	0.0031
243	30.375	4.2238	0.003

Waterloo

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Barnina 18
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 5 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

Number: SLG1-BH4

Client: AnupiAWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
244	30.5	4.2236	0.0025
245	30.625	4.2234	0.0026
246	30.75	4.2237	0.0029
247	30.875	4.2237	0.0029
248	31	4.2237	0.0029
249	31.125	4.2236	0.0027
250	31.25	4.2234	0.0026
251	31.375	4.2232	0.0024
252	31.5	4.2234	0.0026
253	31.625	4.2233	0.0025
254	31.75	4.2232	0.0024
255	31.875	4.2234	0.0026
256	32	4.2231	0.0023
257	32.125	4.2233	0.0025
258	32.25	4.2232	0.0024
259	32.375	4.2236	0.0027
260	32.5	4.2231	0.0023
261	32.625	4.2231	0.0023
262	32.75	4.2229	0.0021
263	32.875	4.223	0.0022
264	33	4.2233	0.0025
265	33.125	4.223	0.0022
266	33.25	4.223	0.0022
267	33.375	4.2231	0.0023
268	33.5	4.2231	0.0023
269	33.625	4.2227	0.0019
270	33.75	4.2229	0.0021
271	33.875	4.2229	0.002
272	34	4.2226	0.0018
273	34.125	4.2224	0.0016
274	34.25	4.2231	0.0023
275	34.375	4.2228	0.002
276	34.5	4.2229	0.0021
277	34.625	4.2226	0.0018
278	34.75	4.2227	0.0019
279	34.875	4.2229	0.0021
280	35	4.2226	0.0017
281	35.125	4.2226	0.0017
282	35.25	4.2226	0.0017
283	35.375	4.2227	0.0019
284	35.5	4.2223	0.0015
285	35.625	4.2224	0.0016
286	35.75	4.2226	0.0018
287	35.875	4.2224	0.0016
288	36	4.2225	0.0017
289	36.125	4.2223	0.0015
290	36.25	4.2223	0.0015
291	36.375	4.2224	0.0016
292	36.5	4.2224	0.0016
293	36.625	4.2221	0.0013
294	36.75	4.2223	0.0015
295	36.875	4.2222	0.0014
296	37	4.2221	0.0013
297	37.125	4.2225	0.0017
298	37.25	4.222	0.0012
299	37.375	4.2221	0.0013
300	37.5	4.2222	0.0014
301	37.625	4.2223	0.0015
302	37.75	4.2222	0.0014
303	37.875	4.2221	0.0013
304	38	4.222	0.0012
305	38.125	4.2219	0.0011

Waterloo

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 18
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 6 of 7

Project: Zibido San Giacomo MKP109

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
306	38.25	4.2222	0.0014
307	38.375	4.2218	0.001
308	38.5	4.222	0.0012
309	38.625	4.2217	0.0009
310	38.75	4.222	0.0012
311	38.875	4.2219	0.0011
312	39	4.2218	0.001
313	39.125	4.2218	0.001
314	39.25	4.2217	0.0009
315	39.375	4.2219	0.0011
316	39.5	4.2218	0.001
317	39.625	4.2216	0.0008
318	39.75	4.2218	0.001
319	39.875	4.2217	0.0009
320	40	4.2217	0.0009
321	40.125	4.2216	0.0008
322	40.25	4.2217	0.0009
323	40.375	4.2216	0.0008
324	40.5	4.2217	0.0009
325	40.625	4.2216	0.0008
326	40.75	4.2219	0.0011
327	40.875	4.2217	0.0009
328	41	4.2213	0.0005
329	41.125	4.2216	0.0007
330	41.25	4.2216	0.0007
331	41.375	4.2216	0.0008
332	41.5	4.2216	0.0007
333	41.625	4.2214	0.0006
334	41.75	4.2218	0.001
335	41.875	4.2217	0.0009
336	42	4.2216	0.0008
337	42.125	4.2216	0.0008
338	42.25	4.2212	0.0004
339	42.375	4.2213	0.0005
340	42.5	4.2216	0.0007
341	42.625	4.2216	0.0007
342	42.75	4.2213	0.0005
343	42.875	4.2214	0.0006
344	43	4.2214	0.0006
345	43.125	4.2214	0.0006
346	43.25	4.2214	0.0006
347	43.375	4.2212	0.0004
348	43.5	4.2211	0.0003
349	43.625	4.2211	0.0003
350	43.75	4.2213	0.0005
351	43.875	4.2214	0.0006
352	44	4.2213	0.0005
353	44.125	4.2212	0.0004
354	44.25	4.2214	0.0006
355	44.375	4.2213	0.0005
356	44.5	4.2213	0.0005
357	44.625	4.2214	0.0006
358	44.75	4.2211	0.0003
359	44.875	4.2212	0.0004
360	45	4.2216	0.0007
361	45.125	4.2211	0.0003
362	45.25	4.2212	0.0004
363	45.375	4.2214	0.0006
364	45.5	4.2212	0.0004
365	45.625	4.2212	0.0004
366	45.75	4.2212	0.0004
367	45.875	4.2211	0.0003

Waterloo

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 7 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

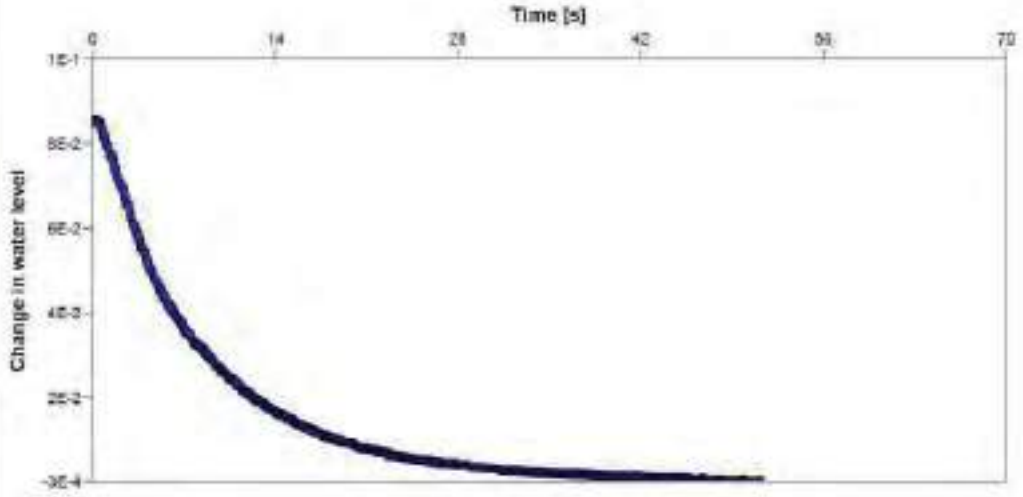
Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
368	46	4.2211	0.0003
369	46.125	4.2209	0.0001
370	46.25	4.221	0.0002
371	46.375	4.221	0.0002
372	46.5	4.2209	0.0001
373	46.625	4.221	0.0002
374	46.75	4.2212	0.0004
375	46.875	4.2208	0.00
376	47	4.2208	0.00
377	47.125	4.2209	0.0001
378	47.25	4.2208	0.00
379	47.375	4.2209	0.0001
380	47.5	4.2209	0.0001
381	47.625	4.2207	-0.0001
382	47.75	4.2208	0.00
383	47.875	4.221	0.0002
384	48	4.2208	0.00
385	48.125	4.221	0.0002
386	48.25	4.2209	0.0001
387	48.375	4.2207	-0.0001
388	48.5	4.2208	-0.0002
389	48.625	4.2208	0.00
390	48.75	4.2207	-0.0001
391	48.875	4.2209	0.0001
392	49	4.2209	0.0001
393	49.125	4.2207	-0.0001
394	49.25	4.2208	0.00
395	49.375	4.2206	-0.0002
396	49.5	4.2206	-0.0002
397	49.625	4.2205	-0.0003
398	49.75	4.2207	-0.0001
399	49.875	4.221	0.0002
400	50	4.2208	0.00
401	50.125	4.2205	-0.0003
402	50.25	4.2207	-0.0001
403	50.375	4.2207	-0.0001
404	50.5	4.2207	-0.0001
405	50.625	4.2207	-0.0001
406	50.75	4.2205	-0.0003
407	50.875	4.2207	-0.0001
408	51	4.2207	-0.0001
409	51.125	4.2208	0.00

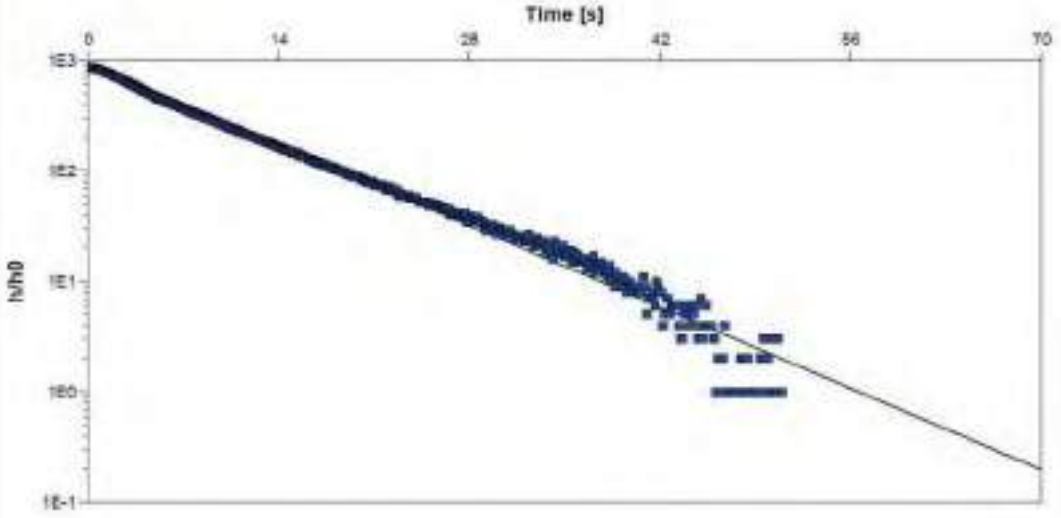
Waterloo	Company Name: Schinelli Consulting Address: Via Bernina 16 City, State/Province: Arese (MI) Italy	Slug Test Analysis Report Project: Zibido San Giacomo MXP109 Number: SLG1-BH4 Client: Arup/AWS

Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 28/01/2025
Analysis Performed by: Massimo Schinelli	Test data	Analysis Date: 11/02/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		



Waterloo Company Name: Schinelli Consulting Address: Via Bernina 16 City, State/Province: Arese (MI) Italy	**Slug Test Analysis Report**
	Project: Zibido San Giacomo MXP109
	Number: SLG1-BH4
	Client: Arup/AWS

Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 29/01/2025
Analysis Performed by: Massimo Schinelli	Hvorslev	Analysis Date: 11/02/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		

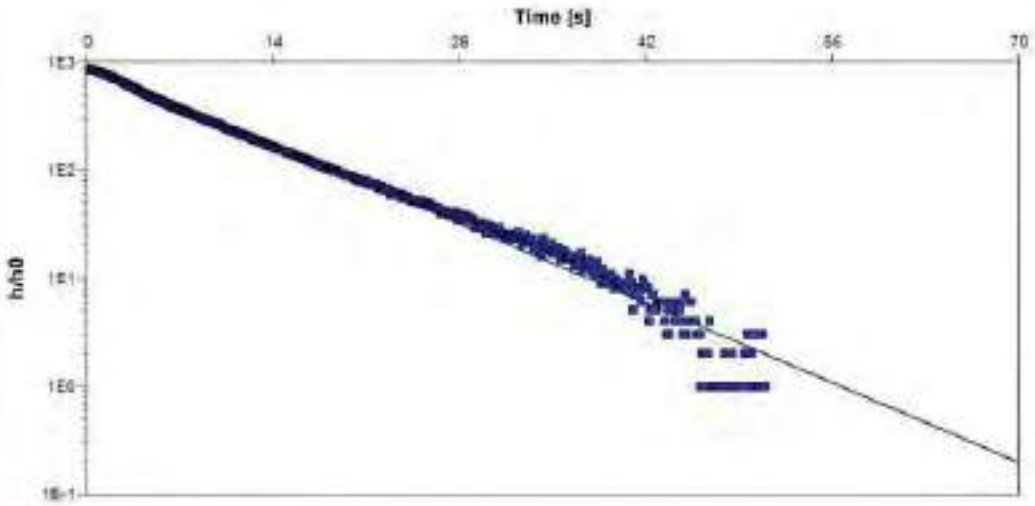


Calculation using Hvorslev

Observation Well	Hydraulic Conductivity [m/s]	
BH4	1.34×10^{-4}	

Company Name: Schinelli Consulting Address: Via Bernina 16 City, State/Province: Arese (MI) Italy	**Slug Test Analysis Report**
	Project: Zibido San Giacomo MXP109
	Number: SLG1-BH4
	Client: Arup/AWS

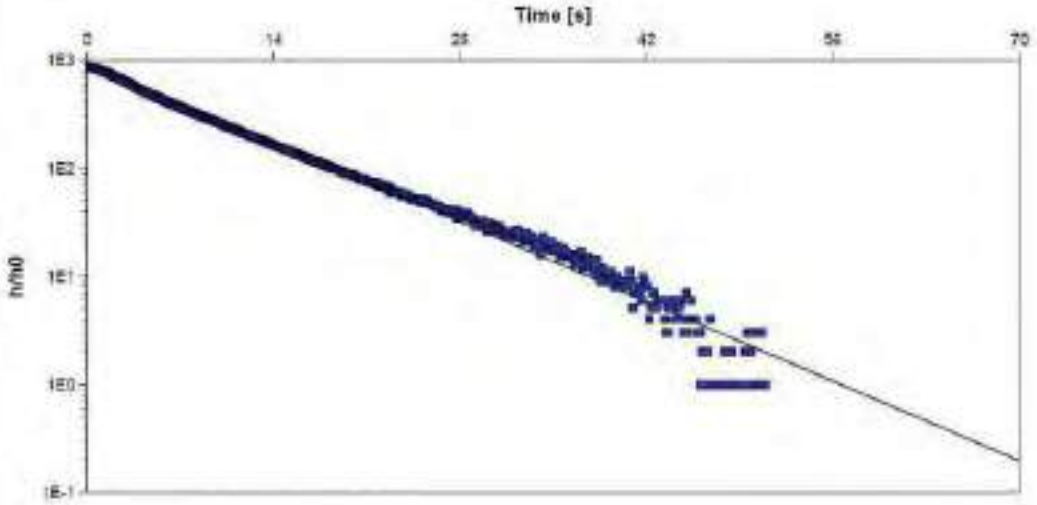
Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 29/01/2025
Analysis Performed by: Massimo Schinelli	Bouwer & Rice	Analysis Date: 11/02/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		



Calculation using Bouwer & Rice		
Observation Well	Hydraulic Conductivity [m/s]	
BH4	1.16×10^{-7}	

Waterloo Company Name: Schinelli Consulting Address: Via Bernina 16 City, State/Province: Arese (MI) Italy	**Slug Test Analysis Report** Project: Zibido San Giacomo MXP109 Number: SLG1-BH4 Client: Arup/AWS

Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 29/01/2025
Analysis Performed by: Massimo Schinelli	Dagan	Analysis Date: 11/02/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		



Calculation using Dagan		
Observation Well	Hydraulic Conductivity [m/s]	
BH4	1.23×10^{-4}	

Waterloo	Company Name: Schinelli Consulting Address: Via Bernina 16 City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Analyses Report	
Project:	Zibido San Giacomo MXP109
Number:	SLG1-BH4
Client:	Anap/AWS

Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 29/01/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		

	Analysis Name	Analysis Performed by	Analysis Date	Method name	Well	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	Hvorslev	Massimo Schinelli	11/02/2025	Hvorslev	BH4		1.34×10^{-5}	
2	Bouwer & Rice	Massimo Schinelli	11/02/2025	Bouwer & Rice	BH4		1.16×10^{-5}	
3	Dagan	Massimo Schinelli	11/02/2025	Dagan	BH4		1.23×10^{-5}	
					Average		1.24×10^{-5}	

11. PROVE DI RESISTIVITA' TERMICA

Le caratteristiche termiche dei terreni del sito sono state valutate eseguendo una serie di prove di resistività termica con misura della temperatura. Le prove sono state condotte in quattro dei sette pozzetti esplorativi, a profondità comprese tra 1.3 m e 1.4 m dal piano campagna.

In particolare le prove sono state eseguite nei seguenti pozzetti esplorativi.

- Prova TR TP1: pozzetto TP1;
- Prova TR TP2: pozzetto TP2;
- Prova TR TP4: pozzetto TP4;
- Prova TR TP5: pozzetto TP5.

Le prove di resistività termica sono state eseguite con il metodo "non steady state probe" (NSSP), che soddisfa i requisiti delle normative ASTM D 5334-92 e IEEE 422-1981. In particolare, l'attrezzatura impiega un ago termico (Thermal Needle), che viene direttamente introdotto nel terreno da testare mediante una lancia di prolunga, come mostrato nella figura seguente.

Figura 11.1. Una fase dell'esecuzione delle prove di resistività termica.

La sonda termica contiene una resistenza elettrica e può essere schematizzata come una sorgente termica lineare; all'interno dell'ago termico, oltre alla resistenza, è presente un sensore di temperatura. La sonda viene inserita a pressione nel terreno da investigare.

La misurazione della resistività, ovvero della conducibilità termica (inverso della resistività), si basa sulla seguente proprietà delle sorgenti termiche lineari: inserendo una sorgente termica lineare in un mezzo, dopo un periodo transitorio, l'aumento di temperatura (ΔT) dipende soltanto dalla potenza della sorgente riscaldante e dalla conducibilità termica del mezzo in cui l'ago termico è inserito. L'espressione analitica della suddetta relazione è riportata di seguito:

$$\Delta T = \left(\frac{Q}{4\pi\lambda}\right) \cdot \left(\ln t + B\right)$$

dove:

ΔT = variazione di temperatura [K];

Q = potenza unitaria di riscaldamento [W/m];

λ = conducibilità termica [W/mK];

B = costante strumentale.

La conducibilità termica - ovvero il suo inverso cioè la resistività termica - si ricava dalla relazione precedente misurando la potenza di riscaldamento e rilevando, generalmente per un tempo pari a 300 secondi, l'innalzamento di temperatura indotto.

La conducibilità, o la resistività termica, deve essere calcolata epurando la risposta termica del terreno dalla componente transitoria del rapporto tra potenza di riscaldamento ed innalzamento di temperatura.

Le misure di temperatura sono state eseguite, per ciascun'area di test, con il medesimo sensore termico usato per le prove di resistività e misurando la temperatura prima dell'esecuzione di ogni prova di resistività termica, in modo che le misure di temperatura non fossero influenzate dalla perturbazione termica indotta dall'esecuzione delle prove di resistività.

Nella tabella 11.I si riportano i risultati delle misure di temperatura condotte in corrispondenza delle quattro prove.

La temperatura minima misurata è pari a 10.40°C ed è stata registrata in corrispondenza della prova TR TP1, mentre la temperatura massima è uguale a 12.18°C ed è relativa alla prova TR TP4. Considerando tutte le prove eseguite la temperatura media del terreno risulta uguale a 11.17 °C.

Prova	Data	Ora	Profondità della misura (m)	Temperatura (° C)
TR TP1	17/12/2024	15:04	1.4	10.40
TR TP2	17/12/2024	16:38	1.4	11.00
TR TP4	17/12/2024	10:54	1.3	12.18
TR TP5	17/12/2024	11:52	1.3	11.08

Tabella 11.I. Risultati delle misure di temperatura del terreno.

Nelle tabelle dalla 11.II alla 11.V e nelle figure dalla 11.2 alla 11.5 si riportano i risultati delle prove di resistività termica.

L'analisi dei dati delle prove eseguite sul terreno in condizioni naturali consente di affermare che la resistività termica nel sito in esame è decisamente variabile e va da valori eccellenti a valori discreti.

In particolare, il valore minimo della resistività termica è pari a 0.70 mK/W, in corrispondenza della prova TR TP5 (pozzetto esplorativo TP5), mentre il valore

massimo è pari a 1.31 mK/W, in corrispondenza della prova TR TP4 (pozzetto esplorativo TP4).

La resistività termica media del terreno risulta pari a 1.02 mK/W.

Data la variabilità della resistività rilevata, nel caso si preveda l'installazione di cavi ad alta tensione interrati, si suggerisce vivamente di verificare puntualmente la resistività del terreno di posa lungo il tracciato di progetto, in modo da verificare che possa essere assicurata l'adeguata dissipazione termica dal cavo verso il terreno circostante.

PROVA DI RESISTIVITA' TERMICA

Test:	**TR TP1**
Progetto:	MXP 109 - Zibido San Giacomo
Data:	17/12/2024
Orario di inizio della prova:	15:05:04
Tipo di prova:	Prova in sito
Ubicazione del test/campione:	Pozzetto esplorativo TP1
Profondità del test/campione (m):	1.4 m da piano campagna
Tipo di terreno:	Sabbia debolmente limosa
Contenuto d'acqua (%):	12.2
Resistività termica (mK/W):	**1.26**

Note:

Tabella 11.II. Prova di resistività termica TR TP1.

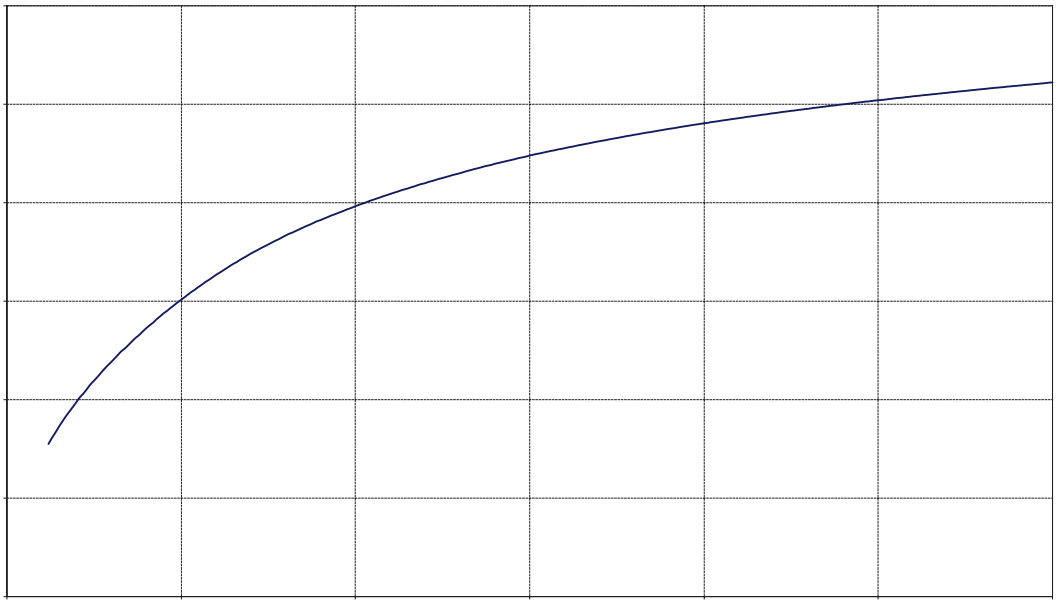


Fig. 11.2. Prova di resistività termica TR TP1. Grafico delle misure.

PROVA DI RESISTIVITA' TERMICA

Test:	**TR TP2**
Progetto:	MXP 109 - Zibido San Giacomo
Data:	17/12/2024
Orario di inizio della prova:	16:39:12
Tipo di prova:	Prova in sito
Ubicazione del test/campione:	Pozzetto esplorativo TP2
Profondità del test/campione (m):	1.4 m da piano campagna
Tipo di terreno:	Sabbia debolmente limosa
Contenuto d'acqua (%):	15.3
Resistività termica (mK/W):	**0.82**
Note:	

Tabella 11.III. Prova di resistività termica TR TP2.

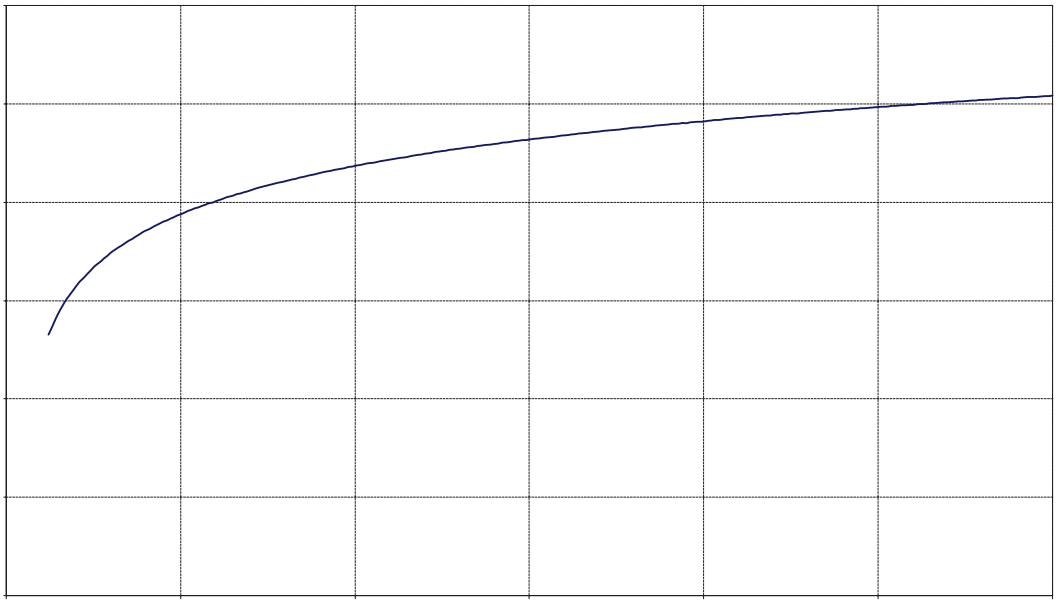


Fig. 11.3. Prova di resistività termica TR TP2. Grafico delle misure.

PROVA DI RESISTIVITA' TERMICA

Test:	**TR TP4**
Progetto:	MXP 109 - Zibido San Giacomo
Data:	17/12/2024
Orario di inizio della prova:	10:55:00
Tipo di prova:	Prova in sito
Ubicazione del test/campione:	Pozzetto esplorativo TP4
Profondità del test/campione (m):	1.3 m da piano campagna
Tipo di terreno:	Sabbia debolmente limosa con rari ciottoli
Contenuto d'acqua (%):	13.5
Resistività termica (mK/W):	**1.31**
Note:	

Tabella 11.IV. Prova di resistività termica TR TP4.

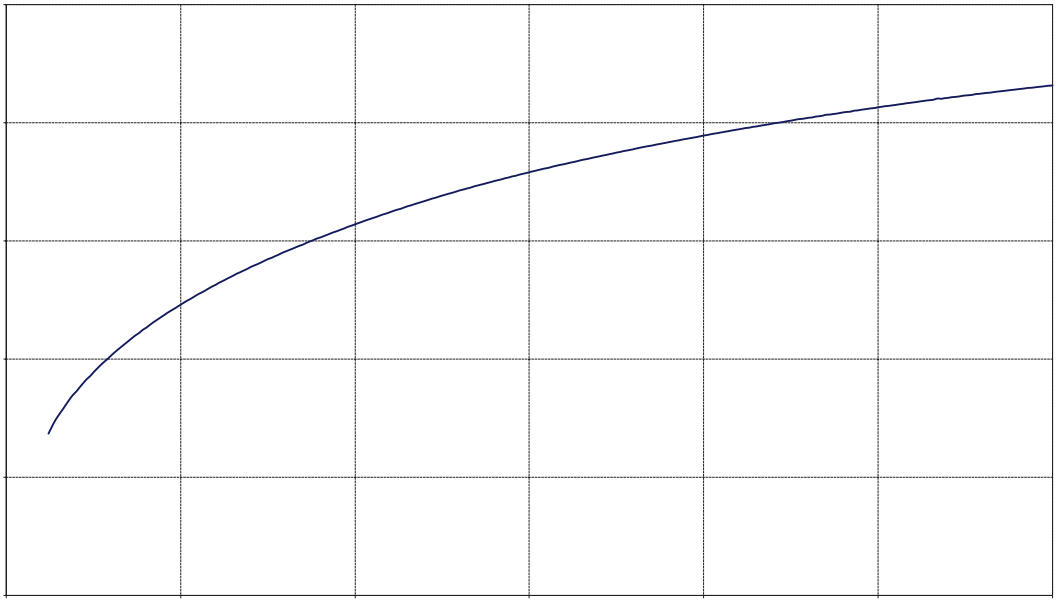


Fig. 11.4. Prova di resistività termica TR TP4. Grafico delle misure.

PROVA DI RESISTIVITA' TERMICA

Test:	**TR TP5**
Progetto:	MXP 109 - Zibido San Giacomo
Data:	17/12/2024
Orario di inizio della prova:	11:53:01
Tipo di prova:	Prova in sito
Ubicazione del test/campione:	Pozzetto esplorativo TP5
Profondità del test/campione (m):	1.3 m da piano campagna
Tipo di terreno:	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa
Contenuto d'acqua (%):	17.6
Resistività termica (mK/W):	**0.70**
Note:	

Tabella 11.V. Prova di resistività termica TR TP8.

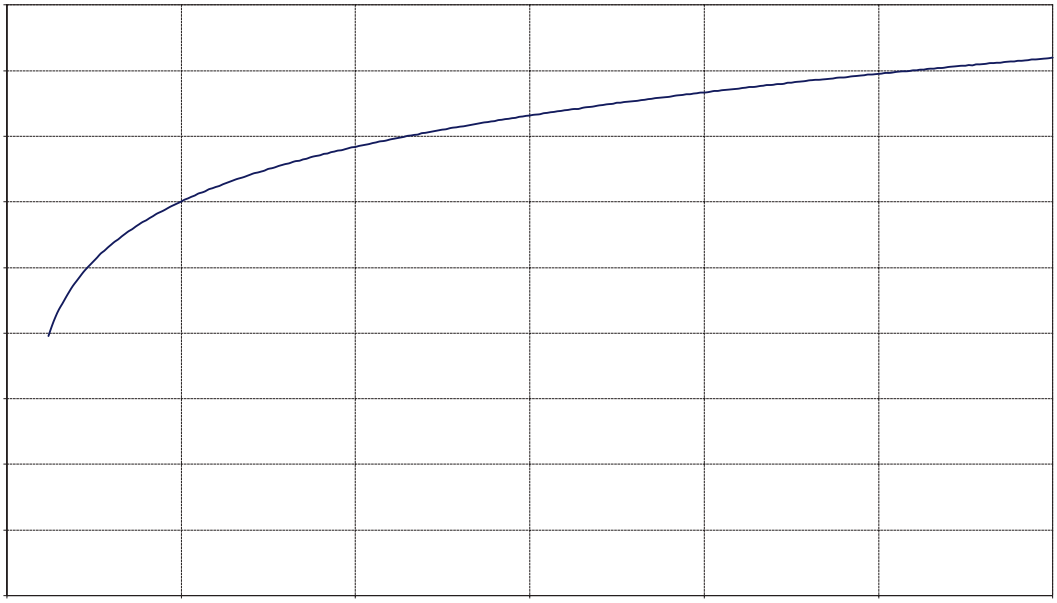


Fig. 11.5. Prova di resistività termica TR TP8. Grafico delle misure.

12. INDAGINE GEORADAR ED ELETTROMAGNETICA

Per verificare la presenza di eventuali sottoservizi e strutture sepolti e per correlare gli spessori delle solette in calcestruzzo, sul sito è stata eseguita un'indagine geofisica con metodo multidisciplinare, utilizzando sia un georadar con antenna di frequenza pari a 400 MHz ed un elettromagnetometro ad induzione (EM31).

L'indagine ha consentito di verificare che non sono presenti fondazioni occulte e d i sottoservizi che si rinvengono sono essenzialmente i cavidotti, generalmente vuoti, che collegano i pozzetti direttamente visibili sul sito. E' stato rinvenuto inoltre un sottoservizio che corre parallelo alla strada provinciale SP139 ed in fregio alla stessa, probabilmente costituito da una tubazione dell'acqua potabile, nonché un sottoservizio, probabilmente un cavo elettrico, che diparte dalla SP139 e raggiunge la cabina elettrica presente in prossimità dello spigolo nord-est del sito. Entrambi questi sottoservizi non interferiscono direttamente con le zone di costruzione del futuro progetto e comunque si raccomanda di valutarne l'esatta posizione ed interferenza mediante sopralluogo congiunto con gli enti gestori prima di eseguire gli scavi e le opere in progetto.

Per i dettagli dell'indagine geofisica si rimanda alla relazione specifica emessa dal geofisico, dott. Alberto Pagano e riportata nell'allegato 5.

13. PROVE DI LABORATORIO

Per la caratterizzazione dei terreni oggetto di studio, oltre alle indagini in sito descritte nei capitoli precedenti e negli allegati, sono state eseguite delle prove di laboratorio, sia di tipo geotecnico, sia di tipo chimico.

Le analisi di laboratorio geotecnico sono state condotte da un laboratorio autorizzato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ai sensi del D.P.R. n. 380/2001. Il laboratorio utilizzato per le prove geotecniche è la Geotea s.r.l., di San Lazzaro di Savena (BO).

Le prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nei sondaggi descritti nel presente documento sono le seguenti.

- n° 2 determinazioni del contenuto d'acqua e peso di volume;
- n° 2 determinazioni dei limiti di Atterberg (limite liquido e plastico);
- n° 4 analisi granulometriche
- n° 2 analisi densimetriche;
- n. 2 prove triassiali CD.

I risultati delle prove di laboratorio geotecnico sono riportati nell'allegato 3 del presente documento.

Le analisi chimiche sono state eseguite per verificare la possibile aggressività dei terreni e delle acque nei confronti del calcestruzzo.

Il laboratorio al quale sono state affidate le prove chimiche è Tecno Piemonte S.p.A, centro prove autorizzato dal Ministero dell'Ambiente, Interno, Salute, Sviluppo Economico, Istruzione Università e Ricerca Infrastrutture e Trasporti Art. 20 legge 1086/71 e DPR 380/01, nonché laboratorio certificato Accredia n. 1254 L.

In particolare, sono state eseguite le determinazioni del contenuto di cloruri e solfati, magnesio e ioni ammonio, nonché le determinazioni del pH, di due campioni d'acqua, come specificato nei certificati analitici riportati in allegato. L'acqua nel sottosuolo del sito ha caratteristiche di bassa aggressività nei confronti del calcestruzzo.

SCHINELLI CONSULTING

(Dott. Massimo Luca Schinelli)

ALLEGATO 1

SONDAGGI GEOGNOSTICI

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**SONDAGGIO** BH1 PZ	**FOGLIO** 1/1
	Data inizio:16/12/2024 Data fine: 18/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.86 m da p.c. (98.80 m s.l.m)

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509802.10m Nord=5023474.68m Quota=100.66 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Descrizione terreno	Campioni/prove	Piezometro 3" (testa tubo 100.75 m s.l.m.)	SPT
0.00	**P.C. 100.66 m s.l.m.**			
1.00	Riporto costituito da sabbia e ghiaia debolmente limosa con frammenti di laterizi			
1.60	Sabbia fine da limosa a debolmente limosa - colore beige			
1.86 (▼)				
13.52	Sabbia da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa, debolmente limosa. La ghiaia ha granuolometria da media a fine e la componente sabbiosa è generalmente media - colore grigio fino a 2.55 m di profondità e marrone grigiastro al disotto	9.5m–9.7m C.R.	tubo cieco	1.5 m: 5 5 11; 3 m: 5 7 10; 4.5 m: 4 6 12; 6 m: 5 6 21; 7.5 m: 17 15 13; 9 m: 13 17 16; 10.5 m: 9 5 7; 12 m: 4 7 11
15.10	Sabbia da fine a media, limosa - colore grigio plumbeo			
21.00	Sabbia debolmente ghiaiosa passante a tratti a sabbia ghiaiosa, con intercalazioni di livelli decimetrici aventi una matrice sabbioso limosa - colore da beige a marrone chiaro			15 m: 3 5 8; 18 m: 9 4 16
21.50	Sabbia fine limosa - colore marrone chiaro rossastro	21.5m C.I. 22.0m		21 m: 2 4 6
22.30	Limo argilloso - colore beige con sfumature rossastre (pocket 1.75 kg/cm^2)			
35.00	Sabbia da debolmente limosa a limosa. La componente sabbiosa ha granulometria variabile da fine a media. E' presente un livello con frazione in parte argillosa nella matrice tra 33.0m e 33.60m - colore marrone rossastro a tratti con sfumature grigiastre		24 m – 30 m: tubo fessurato	24 m: 3 6 7; 27 m: 11 22 29; 30 m: 13 21 24; 33 m: 9 13 28
	Fine sondaggio			

Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta
C.I.: campione indisturbato
C.R.: campione rimaneggiato

BH1 PZ 0-5 m

BH1 PZ 5-10 m

BH1 PZ 10-15 m

BH1 PZ 15-20 m

BH1 PZ 20-25 m

BH1 PZ 25-30 m

BH1 PZ 30-35 m

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**SONDAGGIO** BH2	**FOGLIO** 1/1
	Data inizio:13/01/2025 Data fine: 14/01/2025	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.63 m da p.c. (98.75 m s.l.m)

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509935.25m Nord=5023500.61m Quota=100.39 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	SPT
0.00			**P.C. 100.39 m s.l.m.**		
0.40			Terreno vegetale a matrice sabbioso ghiaiosa debolmente limosa		
1.63 ▼			Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La frazione ghiaiosa è da media a grossolana. La componente sabbiosa è da media media a grossolana e diventa medio-fine al disotto dei 10.1 m di profondità - colore da marrone chiaro a grigiastro		1.5 m: 5 5 6 4.5 m: 8 7 7 7.5 m: 16 17 17 10.5 m: 6 13 29 3 m: 3 5 7 6 m: 6 9 12 9 m: 3 8 15 12 m: 5 16 27 15 m: 8 14 24 18 m: 11 17 21 21.0 m: 7 8 10 24 m: 3 5 12 27 m: 8 11 19 30 m: 2 4 7 33 m: 5 9 11
12.75					
13.50			Limo sabbioso. La componente sabbiosa è fine - colore grigio		
21.00			Sabbia debolmente limosa, da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa. La sabbia è media passante a grossolana e la ghiaia ha granulometria da media a grossolana - colore da beige a marrone chiaro		
22.50			Limo argilloso - colore beige con sfumature ocracee (pocket 1.50 kg/cm^2)	22.0m C.I. 22.5m	
29.70			Sabbia debolmente limosa. La componente sabbiosa ha granulometria da fine a media - colore marrone chiaro		
31.05			Limo con sabbia. La frazione sabbiosa ha granulometria fine - colore grigio		
35.00			Sabbia limosa. La componente sabbiosa ha granulometria fine - colore da beige a marrone chiaro		
			Fine sondaggio		

Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

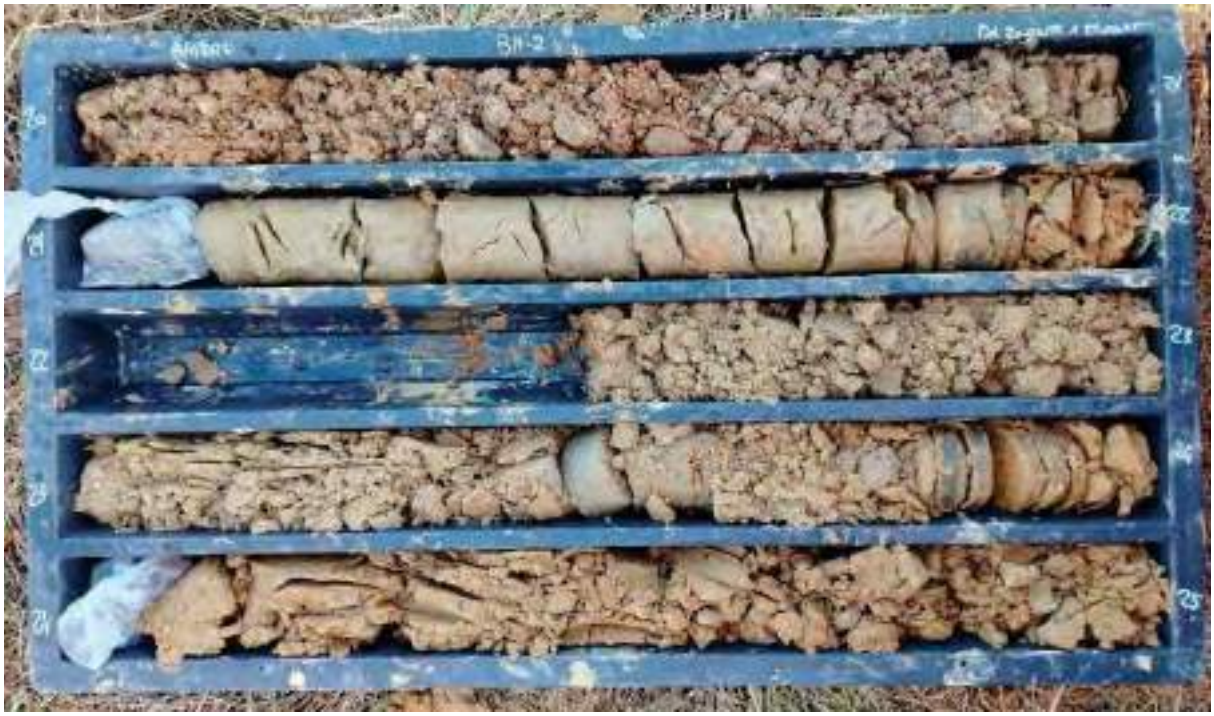
NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta
C.I.: campione indisturbato

BH2 0-5 m

BH2 5-10 m

BH2 10-15 m

BH2 15-20 m



BH2 20-25 m

BH2 25-30 m

BH2 30-35 m

SCHINELLI CONSULTING	Cantiere: Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	SONDAGGIO BH3 PZ	FOGLIO 1/1
GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	Data inizio:08/01/2025 Data fine: 10/01/2025	Committente: Arup Italia / AWS	Livello falda: -2.05 m da p.c. (98.69 m s.l.m)

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509900.35m Nord=5023395.23m Quota=100.74 m s.l.m

P.C. 100.74 m s.l.m.

Profondità m da p.c.	Descrizione terreno	Campioni/prove	SPT
0.00–0.52	Riporto costituito da frammenti di macerie, ciottoli e sabbia limosa. Al fondo è presente una geomembrana in HDPE accoppiata ad un geotessuto		
0.52–4.55 (▼ 2.05)	Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La frazione ghiaiosa è da media a grossolana. La componente sabbiosa è media. La porzione superiore dello strato potrebbe essere materiale di riporto, non è evidente il passaggio al terreno naturale - colore da bruno grigiastro a marrone		1.5 m: 13, 19, 21 3 m: 2, 4, 4
4.55–9.00	Sabbia debolmente ghiaiosa, debolmente limosa. La ghiaia ha granuolometria fine e la componente sabbiosa è generalmente media - colore marrone grigiastro		4.5 m: 7, 9, 10 6 m: 5, 12, 10 7.5 m: 9, 12, 14
9.00–14.30	Sabbia media debolmente limosa - colore grigio plumbeo		9 m: 1, 1, 2 10.5 m: 7, 11, 9 12 m: 4, 12, 23
14.30–15.00	Limo argilloso con sabbia - colore grigio		
15.00–21.00	Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La sabbia è media passante a grossolana e la ghiaia ha granulometria da media a grossolana - colore da beige a marrone chiaro	17.5m–17.9m C.R.	15 m: 2, 6, 7 18 m: 13, 16, 18
21.00–21.40	Sabbia fine limosa - colore beige		21 m: 11, 14, 14
21.40–22.50	Limo argilloso - colore beige con sfumature rossastre (pocket 2.50 kg/cm^2)	21.55m–21.70m C.R.	
22.50–31.60	Sabbia debolmente limosa. La componente sabbiosa ha granulometria media - colore marrone chiaro	24.5m–24.8m C.R.	24 m: 1, 3, 15 27 m: 7, 9, 16 30 m: 11, 17, 21
31.60–35.00	Limo sabbioso passante a sabbia limosa. La componente sabbiosa ha granulometria media - colore da beige a marrone chiaro		33 m: 6, 8, 12
35.00	Fine sondaggio		

Piezometro 3" (testa tubo 100.69 m s.l.m.): tubo cieco; tubo fessurato 24 m – 30 m

Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

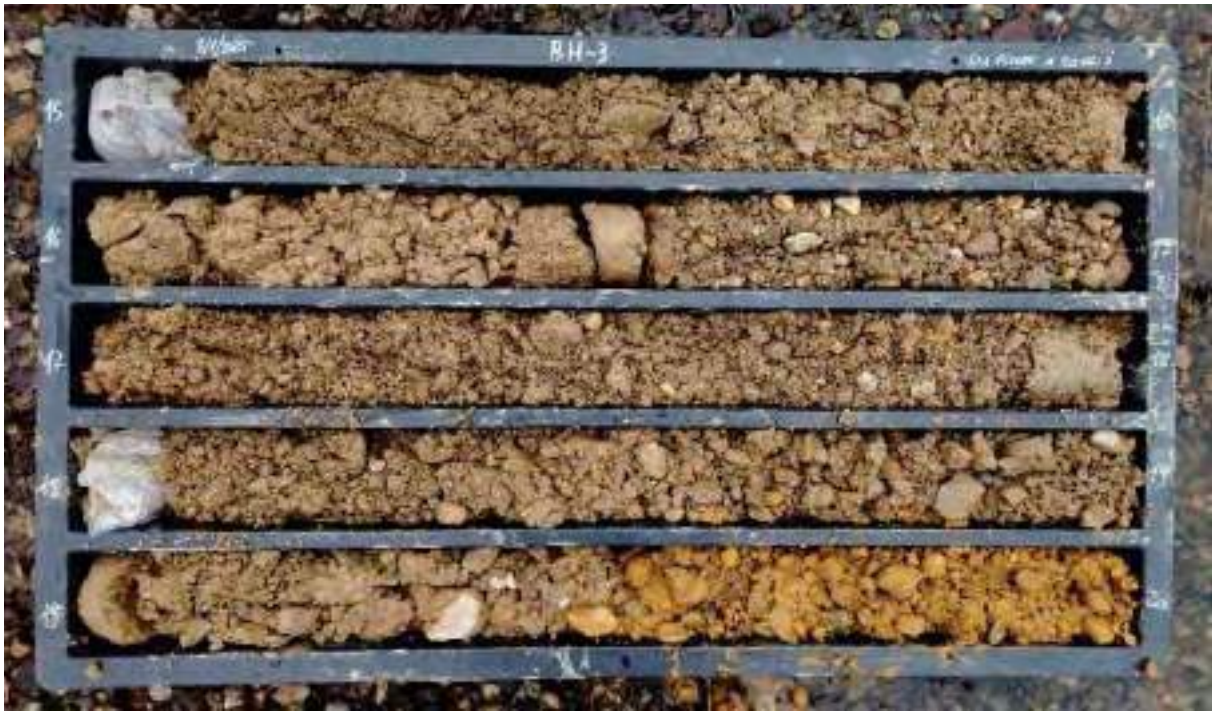
Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta
C.R.: campione rimaneggiato

BH3 PZ 0-5 m

BH3 PZ 5-10 m

BH3 PZ 10-15 m



BH3 PZ 15-20 m

BH3 PZ 20-25 m

BH3 PZ 25-30 m

BH3 PZ 30-35 m

SCHINELLI CONSULTING / GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109		**SONDAGGIO** BH4 PZ	**FOGLIO** 1/2
	Data inizio:20/01/2025 Data fine: 24/01/2025	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.97 m da p.c. (98.79 m s.l.m)	

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509816.66m Nord=5023389.11m Quota=100.76 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Piezometro 3" (testa tubo 100.89 m s.l.m.)	SPT
0.00			**P.C. 100.76 m s.l.m.**			
0.55			Riporto costituito da frammenti di macerie, ciottoli e sabbia limosa. A 0.55 m di profondità è presente una geomembrana in HDPE accoppiata ad un geotessuto			
1.45			Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La frazione ghiaiosa è da media a grossolana. La componente sabbiosa è media - colore bruno grigiastro			1.5 m: 6 7 10
1.97						3 m: 4 6 9
4.30			Sabbia debolmente ghiaiosa, debolmente limosa. La ghiaia ha granuolometria da fine a media e la componente sabbiosa è generalmente media - colore marrone grigiastro		tubo cieco	4.5 m: 3 5 11
						6 m: 5 7 14
						7.5 m: 9 11 13
						9 m: 8 13 16
11.45						10.5 m: 7 9 12
13.40			Sabbia debolmente limosa. La frazione sabbiosa ha granulometria media - colore marrone grigiastro			12 m: 5 8 14
14.45			Limo argilloso con sabbia fine - colore grigio			
			Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La sabbia è media passante a grossolana e la ghiaia ha granulometria da media a grossolana - colore da beige a marrone chiaro	17.5m 17.9m		15 m: 5 8 14
						18 m: 10 9 8
20.53						
21.25			Sabbia fine limosa - colore beige			21 m: 7 19 11
22.00			Limo argilloso - colore beige con sfumature rossastre (pocket 1.75 kg/cm^2)	21.55m 21.70m		
			Sabbia debolmente limosa. La componente sabbiosa ha granulometria media - colore marrone chiaro	25.0m 26.0m PER	24 m tubo fessurato 30 m	24 m: 4 6 9
						27 m: 7 16 21
						30 m: 10 17 19
31.55						
			Limo sabbioso passante a sabbia limosa. La componente sabbiosa ha granulometria media - colore marrone chiaro			
34.30						
			Sabbia da media a fine, a tratti debolmente limosa - colore marrone chiaro	35.0m 36.0m PER		36 m: 13 18 24
40.00						

Segue al foglio 2/2

Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta
PER: prova di permeabilità a carico variabile

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**SONDAGGIO** BH4 PZ	**FOGLIO** 2/2
	Data inizio:20/01/2025 Data fine: 24/01/2025	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.97 m da p.c. (98.79 m s.l.m)

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509816.66m Nord=5023389.11m Quota=100.76 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Piezometro 3" (testa tubo 100.89 m s.l.m.)	SPT
40.00						
45.10			Sabbia da media a fine, a tratti debolmente limosa - colore marrone chiaro			42 m 13 19 21
46.80			Sabbia debolmente ghiaiosa. La ghiaia ha granuolometria da fine a grossolana e la componente sabbiosa è generalmente media - colore marrone grigiastro			
50.00			Sabbia debolmente limosa. La frazione sabbiosa ha granulometria media - colore marrone grigiastro			48 m 12 19 27
			Fine sondaggio			

Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta

BH4 PZ 0-5 m

BH4 PZ 5-10 m

BH4 PZ 10-15 m

BH4 PZ 15-20 m

BH4 PZ 20-25 m

BH4 PZ 25-30 m

BH4 PZ 30-35 m

BH4 PZ 35-40 m

BH4 PZ 40-45 m

BH4 PZ 45-50 m

ALLEGATO 2

POZZETTI ESPLORATIVI

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP1**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** Non intercettata

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509914.72m Nord=5023540.54m Quota =101.38 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 101.38 m s.l.m.			
0.60			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia. Presenza di rari frammenti di laterizi. Si rinvengono resti vegetali poco abbondanti nei primi 25 cm di profondità. La ghiaia ha granuolometria generalmente da media a grossolana e la componente sabbiosa è media - colore marrone chiaro			
1.00 1.40			Sabbia da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa. La granulometria della sabbia è da media a grossolana e la componente ghiaiosa è da fine a grossolana. Talora sono presenti ciottoli di dimensioni decimetriche - colore marrone tendente al grigiastro	TR 1.40m		
2.00 2.25			Sabbia da fine a media, debolmente limosa - colore grigio-marrone			
3.00 4.00			Fine pozzetto			

NOTE:
TR: Prova di resistività termica

Pozzetto esplorativo TP1

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP2**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.90 m da p.c. (possibile acqua di percolazione)

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509979.50m Nord=5023503.99m Quota =100.14 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.14 m s.l.m.			
0.60			Sabbia ghialosa debolmente limosa. La ghiaia ha granuolometria da grossolana a media e la componente sabbiosa è generalmente medio-fine. Sono presenti resti vegetali (radici) nei primi 35 cm di profondità - colore marrone chiaro tendente al rossastro			
1.00			Sabbia caratterizzata da granulometria da fine a media, debolmente limosa - colore grigio, talora con venature rossastre	TR 1.40m		
1.90 ▼						
2.00						
2.10			Fine pozzetto			
3.00						
4.00						

NOTE:
TR: Prova di resistività termica

Pozzetto esplorativo TP2

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP3**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** Non intercettata

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509813.79m Nord=5023357.29m Quota =100.71 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.71 m s.l.m.			
0.68			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia e frammenti di laterizi. Deposito parzialmente cementato (è possibile che sia stata aggiunta una lieve quantità di cemento per assicurare le caratteristiche di portanza del riporto). Si rinvengono resti vegetali poco abbondanti nei primi 15 cm di profondità. Presente geotessuto accoppiato a geomembrana di HDPE a 68 cm di profondità dal piano campagna			
			Fine pozzetto			
1.00						
1.40						
2.00						
2.50						
3.00						
4.00						

NOTE:
Il pozzetto è stato interrotto alla profondità della geomembrana per preservarne l'integrità

Pozzetto esplorativo TP3

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP4**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.95 m da p.c. (possibile acqua di percolazione)

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509827.39m Nord=5023489.02m Quota =100.70 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.70 m s.l.m.			
0.60			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia. Sono talora presenti frammenti di laterizi. Si rinvengono resti vegetali poco abbondanti nei primi 20 cm di profondità. La ghiaia ha granuolometria generalmente da media a grossolana e la componente sabbiosa è media - colore marrone chiaro			
1.00			Sabbia da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa, debolmente limosa. La granulometria della sabbia è da media a grossolana e la componente ghiaiosa è da fine a grossolana - colore marrone passante a grigiastro	TR 1.30m		
▼1.95						
2.00			Fine pozzetto			
3.00						
4.00						

NOTE:
TR: Prova di resistività termica

Pozzetto esplorativo TP4

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP5**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.97 m da p.c.

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509796.75m Nord=5023434.84m Quota =100.51 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.51 m s.l.m.			
0.60			Materiale di riporto costituito da sabbia ghialosa debolmente limosa con frammenti di laterizi poco frequenti. La ghiaia ha granuolometria da media a grossolana e la componente sabbiosa è generalmente medio-fine. Sono presenti resti vegetali (radici) nei primi 20 cm di profondità - colore marrone			
1.00			Sabbia da debolmente limosa a limosa, debolmente ghiaiosa. La sabbia è medio fine, la componente ghiaiosa è da media a fine - colore marrone grigiastro, passante a grigio nella parte bassa	TR 1.30m		
1.97 ▼						
2.00						
2.10			Fine pozzetto			
3.00						
4.00						

NOTE:
TR: Prova di resistività termica

Pozzetto esplorativo TP5

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP6**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** Non intercettata

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509931.29m Nord=5023398.51m Quota =100.74 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.74 m s.l.m.			
0.67			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia e frammenti di laterizi. Deposito debolmente cementato (è possibile che sia stata aggiunta una lieve quantità di cemento per assicurare le caratteristiche di portanza del riporto). Sono presenti resti vegetali nei primi 15 cm di profondità. Presente geotessuto accoppiato a geomembrana di HDPE a 67 cm di profondità dal piano campagna			
			Fine pozzetto			
1.00						
2.00						
3.00						
4.00						

NOTE:
Il pozzetto è stato interrotto alla profondità della geomembrana per preservarne l'integrità

Pozzetto esplorativo TP6

SCHINELLI CONSULTING — GTA Srl INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI) Progetto MXP 109	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP7**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** Non intercettata

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509881.92m Nord=5023423.71m Quota =100.69 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.69 m s.l.m.			
0.67			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia e frammenti di laterizi. Deposito parzialmente cementato (è possibile che sia stata aggiunta una lieve quantità di cemento per assicurare le caratteristiche di portanza del riporto). Sono presenti resti vegetali poco abbondanti nei primi 20 cm di profondità. E' stato rinvenuto geotessuto accoppiato a geomembrana di HDPE a 67 cm di profondità dal piano campagna			
1.00			Fine pozzetto			
2.00						
3.00						
4.00						

NOTE:
Il pozzetto è stato interrotto alla profondità della geomembrana per preservarne l'integrità

Pozzetto esplorativo TP7

ALLEGATO 3

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

GEOTEA s.r.l. AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY	CERTIFICATO DI PROVA *TEST REPORT*	3295	25.2025	000
	pagine del documento - *document pages*			
	13			

Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Investigation site*	PROGETTO MXP 109

DATI IDENTIFICATIVI DEI CAMPIONI E PROVE ESEGUITE

Samples identification and performed tests

Sondaggio *Borehole*	Campione *Sample*	Profondità *Depth*	Prove eseguite - *Performed tests*
BH1	CI1	21.50-22.00m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro, limiti di consistenza di Atterberg, prova triassiale consolidata drenata.
BH2	CI1	22.00-22.50m	Prova triassiale consolidata drenata.
BH3	CR1	17.50-17.90m	Granulometria meccanica.
BH3	CR2	21.55-21.70m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro.
BH3	CR3	24.50-24.80m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro, limiti di consistenza di Atterberg.

Note - *Remarks:*

Il nostro laboratorio esegue le prove commissionate secondo le norme di riferimento riportate su ogni certificato; il laboratorio segue inoltre le raccomandazioni contenute nella norma UNI EN 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura".
Questi risultati sono per uso esclusivo del cliente per il quale sono stati ottenuti. Essi sono applicabili solamente ai campioni testati e non sono indicativi di campioni apparentemente simili.
These results are for the exclusive use of the client for whom they were obtained. They apply only to the tested samples and are not indicative of apparently identical samples.

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 001
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO MXP 109
Sondaggio - *Borehole*	**BH1**
Campione - *Sample*	**CI1**
Profondità - *Depth*	**21.50- 22.00m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 353.82

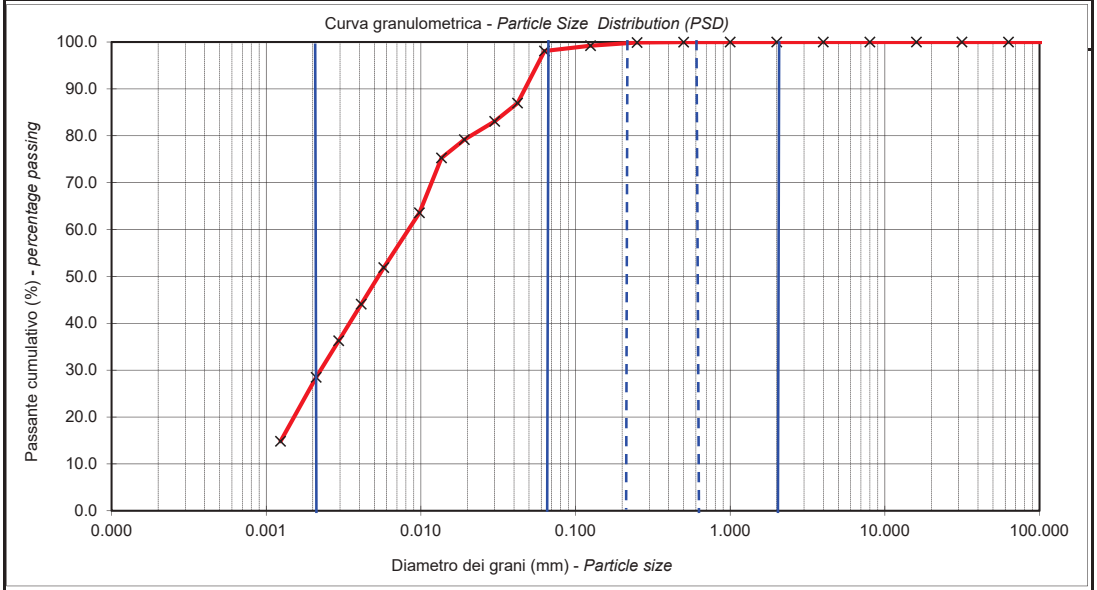
Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
125	0.00	100.00
63	0.00	100.00
31.5	0.00	100.00
16	0.00	100.00
8	0.00	100.00
4	0.00	100.00
2	0.00	100.00
1	0.00	100.00
0.5	0.10	99.97
0.25	0.27	99.90
0.125	2.40	99.22
0.063	3.99	98.09

SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.90

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.042	26.0	86.97
0.030	25.0	83.07
0.019	24.0	79.17
0.014	23.0	75.27
0.010	20.0	63.57
0.006	17.0	51.87
0.004	15.0	44.07
0.0029	13.0	36.27
0.0021	11.0	28.47
0.0012	7.5	14.82

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**0.00**	**Sabbia (%)** *Sand*	**3.51**	**Limo (%)** *Silt*	**69.65**	**Argilla (%)** *Clay*	**26.84**



D_{10} (mm) - D_{60} (mm) 0.009

Agente disperdente - *dispersing agent*: Sodium hexametaphosphate temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician* Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

Normativa di riferimento: ASTM D4318 - 10

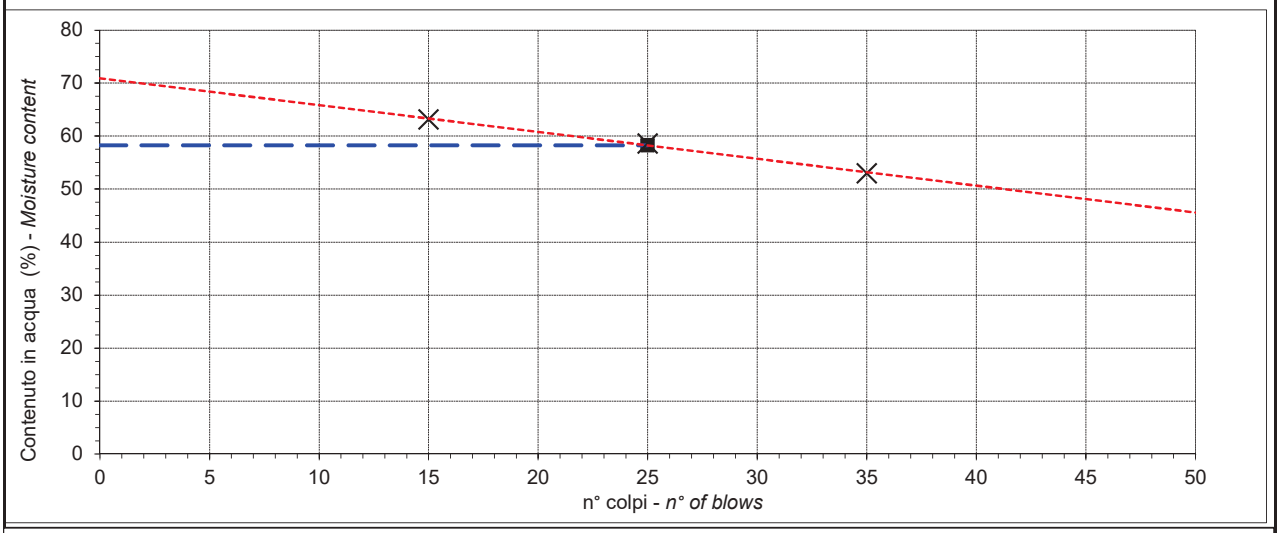
Technical specification

Certificato- *Test report*	3295- 25.2025- 002
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO MXP 109
Sondaggio - *Borehole*	**BH1**
Campione - *Sample*	**CI1**
Profondità - *Depth*	**21.50- 22.00m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025
Classe campione - *Sample quality*	Q4

	Provino 1 - *Specimen 1*	Provino 2 - *Specimen 2*	Provino 3 - *Specimen 3*
Numero colpi - *Number of blows*	15	25	35
Massa tara (g) - *Tara weight*	70.59	70.76	71.28
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	82.40	80.42	80.57
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	77.83	76.85	77.35
Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*	63.12	58.62	52.99
Limite liquido (%) - *Liquid limit*		**58.24**	

Massa tara (g) - *Tara weight*	71.88	71.95
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	80.12	80.21
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	78.26	78.34
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	29.15	29.26
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	**29.21**	

differenza percentuale 0.38

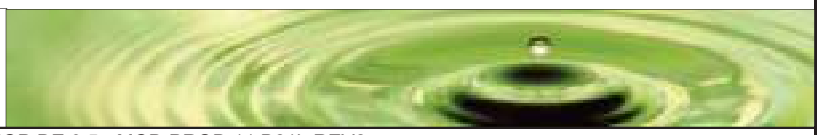


Note - *Remarks*

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Sumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 003
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO MXP 109
Sondaggio - *Borehole*	**BH1**
Campione - Sample	**CI1**
Profondità - *Depth*	**21.50- 22.00m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025
Classe del campione - *Sample quality*	Q4

Caratteristiche campione	
Pocket penetrometer. (kg/cm^2)	1.9- 1.1
Tor Vane (kg/cm^2)	0.8- 0.6
Umidità naturale (%) - *Moisture content*	37.76
Massa Volumica umida (kg/m^3) - *Bulk density*	1806.64
Massa Volumica secca (kg/m^3) - *dry density*	1311.48
assa specifica dei grani (kg/m^3) - *Particle density*	2649.92
Indice dei vuoti - *Void index*	1.02
Grado di saturazione (%) - *Saturation degree*	98.03
Ghiaia (%) - *Gravel*	0.00
Sabbia (%) - *Sand*	3.51
Limo (%) - *Silt*	69.65
Argilla (%) - *Clay*	26.84
Limite liquido (%)	58
Limite plastico (%)	29
Indice plastico	29

Provino - *Specimen*	1	2	3
Altezza iniziale - *Initial height*	76.00	76.00	76.00
Altezza dopo consolidazione *Height after consolidation*	75.92	74.84	75.59
Area provino - *Specimen area*	11.50	11.50	11.50
Area dopo consolidazione *Area after consolidation*	11.47	11.14	11.37
Grado di saturazione (%) - *Saturation degree*	99.84	99.91	99.89
Umidità finale (%) - *Final water content*	28.05	28.00	27.66
B di Skempton	0.92	0.94	0.91
σ3 (kPa)	350	450	530
Back pressure (kPa)	50	50	50
Velocità di taglio (mm/min) - *Shear rate*	0.0060	0.0060	0.0060

Note - *Remarks*

grado di incertezza delle misure: 0,14%

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 003
Verbale - *Acceptance report*	3295

Studio della consolidazione - *Consolidation test*

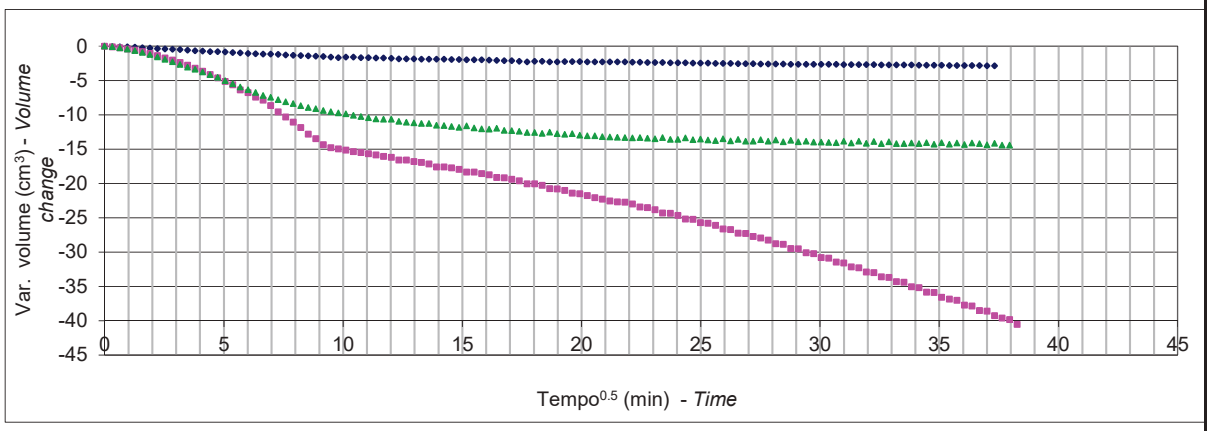
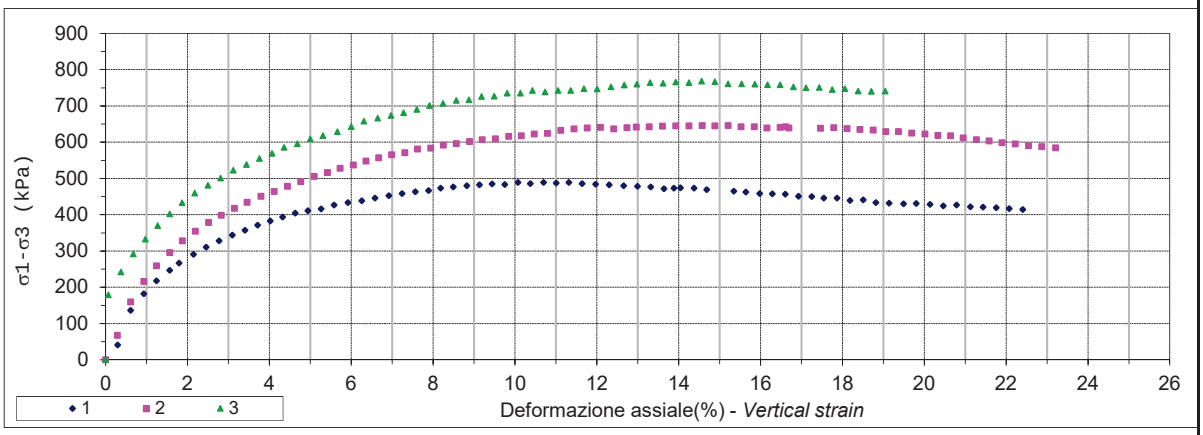
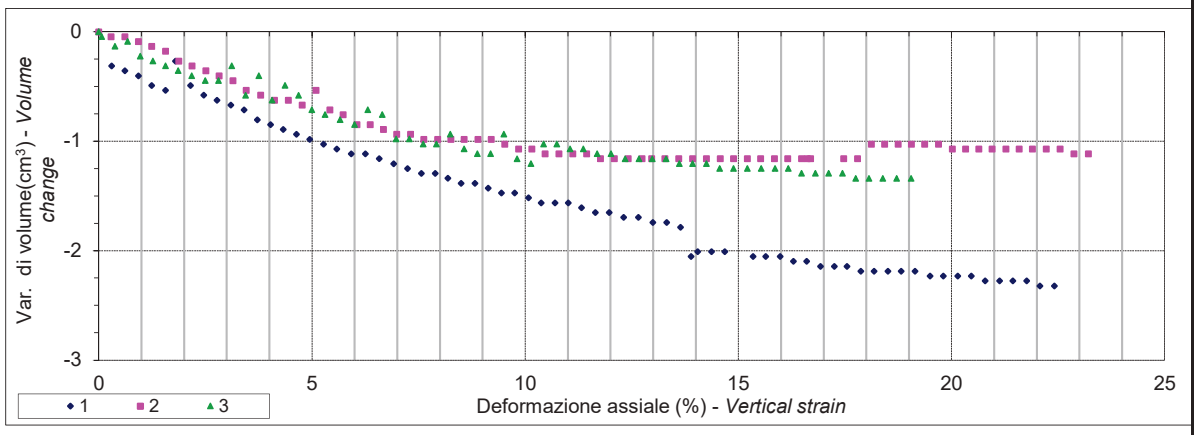


Grafico sforzi / deformazioni - *Stress / strain graph*



Variazione di Volume/deformazioni - *Volume change/vertical strain*



Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 003
Verbale - *Acceptance report*	3295

Provino 1 - *Specimen 1*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.30	41.17	0.31
0.61	136.66	0.36
0.93	181.65	0.40
1.24	217.54	0.49
1.57	246.54	0.54
1.80	266.84	0.27
2.15	291.06	0.49
2.46	310.87	0.58
2.77	328.37	0.63
3.09	343.53	0.67
3.40	357.56	0.71
3.72	371.48	0.80
4.03	383.16	0.85
4.32	393.75	0.89
4.63	404.21	0.94
4.94	411.39	0.98
5.27	416.35	1.03
5.58	426.60	1.07
5.92	433.49	1.12
6.25	438.23	1.12
6.58	446.12	1.16
6.92	452.83	1.21
7.24	458.52	1.25
7.57	463.12	1.29
7.89	466.65	1.29
8.19	473.35	1.34
8.50	476.87	1.38
8.82	480.28	1.38
9.13	482.71	1.43
9.44	485.11	1.47
9.75	483.45	1.47
10.08	488.75	1.52
10.38	486.13	1.56
10.70	489.37	1.56
11.01	487.66	1.56
11.32	488.93	1.61
11.64	485.71	1.65
11.97	483.93	1.65
12.31	482.07	1.70
12.66	480.14	1.70
13.00	478.28	1.74
13.32	476.50	1.74
13.64	471.83	1.79
14.05	474.42	2.01
14.37	473.58	2.01
14.68	469.00	2.01
13.89	473.38	2.05
15.35	465.36	2.05
15.64	462.79	2.05
15.98	458.13	2.05
16.29	457.37	2.10
16.60	456.60	2.10
16.93	451.11	2.14
17.25	450.28	2.14
17.55	445.89	2.14
17.87	445.97	2.19
18.18	439.71	2.19
18.51	440.71	2.19
18.82	433.59	2.19
19.14	431.85	2.19
19.49	429.98	2.23
19.80	431.00	2.23
20.14	428.29	2.23
20.47	424.78	2.23
20.79	426.59	2.28
21.13	422.13	2.28
21.44	421.34	2.28
21.76	419.60	2.28
22.07	417.07	2.32
22.41	414.40	2.32

Provino 2 - *Specimen 2*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.28	67.54	0.04
0.61	159.26	0.04
0.93	216.16	0.09
1.24	259.32	0.13
1.57	296.11	0.18
1.88	327.84	0.27
2.19	354.55	0.31
2.51	378.62	0.36
2.82	398.98	0.40
3.15	417.95	0.45
3.46	434.47	0.54
3.80	450.75	0.58
4.12	464.60	0.63
4.44	478.34	0.63
4.77	491.98	0.67
5.09	505.52	0.54
5.42	516.62	0.71
5.73	527.72	0.76
6.05	537.49	0.85
6.36	548.41	0.85
6.67	556.94	0.89
6.98	565.41	0.94
7.31	571.44	0.94
7.62	580.92	0.98
7.94	583.42	0.98
8.25	591.63	0.98
8.56	596.39	0.98
8.89	602.14	0.98
9.20	606.80	0.98
9.52	609.10	1.03
9.85	615.81	1.07
10.16	618.12	1.07
10.47	622.61	1.12
10.79	624.75	1.12
11.12	632.35	1.12
11.44	636.59	1.12
11.77	639.70	1.16
12.09	640.60	1.16
12.41	637.16	1.16
12.74	640.18	1.16
12.97	641.71	1.16
13.28	642.64	1.16
13.60	644.49	1.16
13.93	645.25	1.16
14.25	644.94	1.16
14.58	645.66	1.16
14.89	645.41	1.16
15.21	646.09	1.16
15.52	642.68	1.16
15.85	642.29	1.16
16.16	639.32	1.16
16.48	640.97	1.16
16.70	639.32	1.16
16.62	643.02	1.16
17.47	638.48	1.16
17.79	640.03	1.16
18.12	637.50	1.03
18.43	635.08	1.03
18.75	633.56	1.03
19.06	629.14	1.03
19.37	629.71	1.03
19.70	625.19	1.03
20.02	622.67	1.07
20.33	618.29	1.07
20.64	617.84	1.07
20.95	611.51	1.07
21.28	607.08	1.07
21.59	603.71	1.07
21.90	598.44	1.07
22.22	594.99	1.07
22.55	590.60	1.07
22.87	588.13	1.12
23.21	584.61	1.12

Provino 3 - *Specimen 3*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.07	178.67	0.04
0.38	241.94	0.13
0.68	291.54	0.09
0.97	331.98	0.22
1.27	369.23	0.27
1.57	401.85	0.31
1.86	432.80	0.36
2.17	459.13	0.40
2.50	480.85	0.45
2.81	501.04	0.45
3.12	522.53	0.31
3.44	538.05	0.58
3.76	554.96	0.40
4.07	568.89	0.63
4.36	585.65	0.49
4.69	595.02	0.58
5.00	608.66	0.72
5.31	617.96	0.76
5.66	628.31	0.80
6.00	642.87	0.85
6.31	657.50	0.72
6.65	666.26	0.76
6.97	673.64	0.98
7.28	681.06	0.98
7.61	689.70	1.03
7.92	701.10	1.03
8.24	706.83	0.94
8.56	715.24	1.07
8.88	716.88	1.12
9.19	725.26	1.12
9.50	726.82	0.94
9.81	735.08	1.16
10.13	735.11	1.21
10.43	742.02	1.03
10.74	738.12	1.03
11.05	742.18	1.07
11.36	742.23	1.07
11.69	747.40	1.12
12.01	745.97	1.12
12.35	752.26	1.16
12.67	757.27	1.16
12.98	759.77	1.16
13.31	763.40	1.16
13.62	761.94	1.21
13.93	765.62	1.21
14.25	764.02	1.21
14.56	767.61	1.25
14.89	765.96	1.25
15.21	760.53	1.25
15.54	760.12	1.25
15.86	759.72	1.25
16.17	758.17	1.25
16.48	757.85	1.30
16.81	752.42	1.30
17.12	749.61	1.30
17.44	750.37	1.30
17.75	745.10	1.34
18.06	747.17	1.34
18.39	740.56	1.34
18.71	740.05	1.34
19.05	740.59	1.34

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 004
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO MXP 109
Sondaggio - *Borehole*	**BH2**
Campione - Sample	**CI1**
Profondità - *Depth*	**22.00- 22.50m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025
Classe del campione - *Sample quality*	Q4

Caratteristiche campione

Pocket penetrometer. (kg/cm^2)	1.6- 2.1
Tor Vane (kg/cm^2)	0.8- 0.6
Umidità naturale (%) - *Moisture content*	37.64
Massa Volumica umida (kg/m^3) - *Bulk density*	1758.94
Massa Volumica secca (kg/m^3) - *dry density*	1277.88
assa specifica dei grani (kg/m^3) - *Particle density*	2687.01
Indice dei vuoti - *Void index*	1.10
Grado di saturazione (%) - *Saturation degree*	91.73
Ghiaia (%) - *Gravel*	-
Sabbia (%) - *Sand*	-
Limo (%) - *Silt*	-
Argilla (%) - *Clay*	-
Limite liquido (%)	-
Limite plastico (%)	-
Indice plastico	-

Provino - *Specimen*	1	2	3
Altezza iniziale - *Initial height*	76.00	76.00	76.00
Altezza dopo consolidazione *Height after consolidation*	75.89	75.82	75.92
Area provino - *Specimen area*	11.50	11.50	11.50
Area dopo consolidazione *Area after consolidation*	11.47	11.44	11.48
Grado di saturazione (%) - *Saturation degree*	99.84	99.91	99.89
Umidità finale (%) - *Final water content*	30.10	31.45	32.01
B di Skempton	0.95	0.91	0.93
σ3 (kPa)	250	350	450
Back pressure (kPa)	50	50	50
Velocità di taglio (mm/min) - *Shear rate*	0.0060	0.0060	0.0060

Note - *Remarks*

grado di incertezza delle misure: 0,14%

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 004
Verbale - *Acceptance report*	3295

Studio della consolidazione - *Consolidation test*

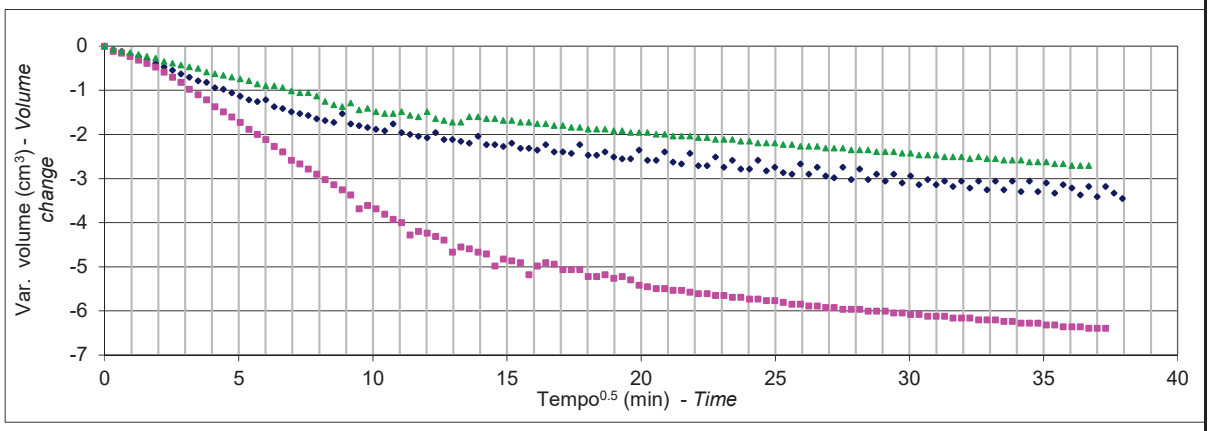
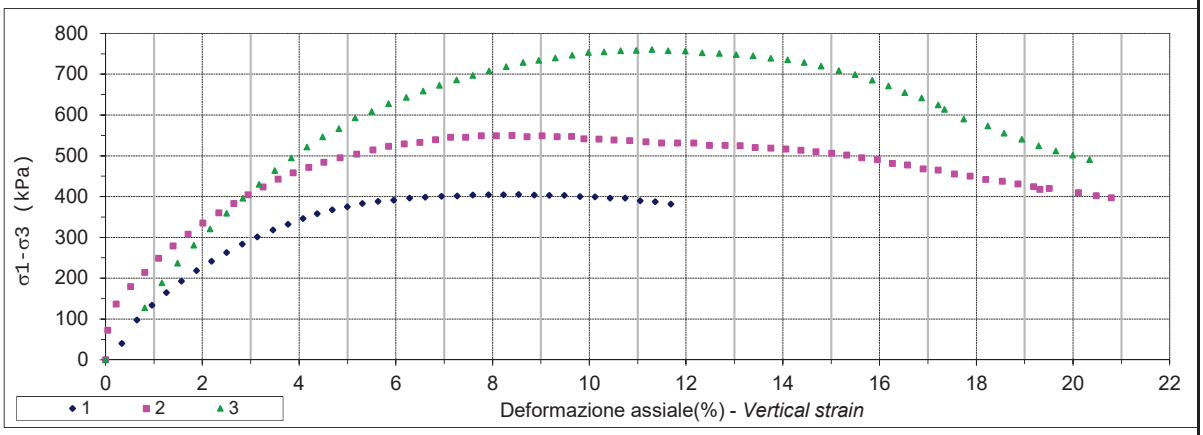
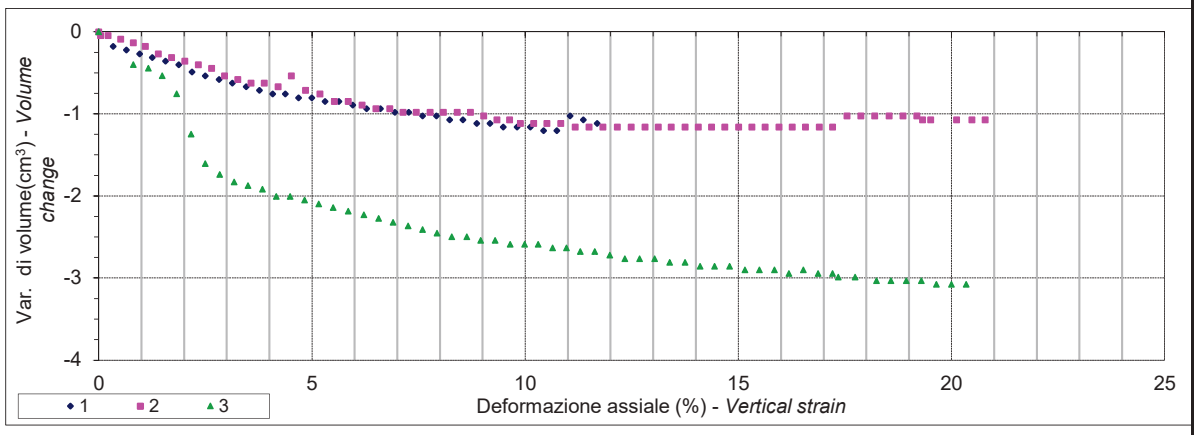


Grafico sforzi / deformazioni - *Stress / strain graph*



Variazione di Volume/deformazioni - *Volume change/vertical strain*



Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 004
Verbale - *Acceptance report*	3295

Provino 1 - *Specimen 1*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.34	40.04	0.18
0.65	97.70	0.22
0.96	133.96	0.27
1.26	164.48	0.31
1.57	192.59	0.36
1.88	218.33	0.40
2.19	241.71	0.49
2.50	262.75	0.54
2.82	283.62	0.58
3.13	301.13	0.63
3.46	318.48	0.67
3.77	332.52	0.71
4.08	346.47	0.76
4.38	358.23	0.76
4.69	367.73	0.80
5.00	375.03	0.80
5.31	383.34	0.85
5.63	388.36	0.85
5.96	391.23	0.89
6.28	396.17	0.94
6.61	398.98	0.94
6.94	400.66	0.98
7.27	401.34	0.98
7.59	404.07	1.03
7.92	404.71	1.03
8.23	404.37	1.07
8.54	405.05	1.07
8.86	403.61	1.12
9.17	403.25	1.12
9.48	402.89	1.16
9.81	400.43	1.16
10.12	399.05	1.16
10.43	396.67	1.21
10.74	396.29	1.21
11.05	389.94	1.03
11.36	387.59	1.07
11.69	381.88	1.12

Provino 2 - *Specimen 2*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.04	72.70	0.04
0.22	137.03	0.04
0.51	179.86	0.09
0.81	214.27	0.13
1.09	248.50	0.18
1.39	279.03	0.27
1.70	308.17	0.31
2.01	334.81	0.36
2.34	360.09	0.40
2.65	382.95	0.45
2.94	404.58	0.54
3.26	423.73	0.58
3.57	442.76	0.63
3.88	458.26	0.63
4.20	471.34	0.67
4.51	484.39	0.54
4.85	494.97	0.71
5.19	504.35	0.76
5.53	514.76	0.85
5.85	522.94	0.85
6.17	528.85	0.89
6.50	532.52	0.94
6.82	539.42	0.94
7.13	545.26	0.98
7.44	545.61	0.98
7.77	549.11	0.98
8.08	549.42	0.98
8.40	549.64	0.98
8.71	546.70	0.98
9.02	549.12	1.03
9.33	547.24	1.07
9.63	547.57	1.07
9.89	541.78	1.12
10.20	540.97	1.12
10.51	539.10	1.12
10.83	537.14	1.12
11.17	534.06	1.16
11.50	531.08	1.16
11.82	531.20	1.16
12.16	531.23	1.16
12.48	525.16	1.16
12.81	525.26	1.16
13.12	524.41	1.16
13.43	520.50	1.16
13.75	518.56	1.16
14.06	516.69	1.16
14.37	513.81	1.16
14.68	509.94	1.16
15.01	506.01	1.16
15.32	502.17	1.16
15.63	494.92	1.16
15.95	491.04	1.16
16.26	481.37	1.16
16.58	477.63	1.16
16.90	467.97	1.16
17.21	465.25	1.16
17.55	455.61	1.03
17.87	449.97	1.03
18.20	442.43	1.03
18.53	437.73	1.03
18.86	431.24	1.03
19.18	424.77	1.03
19.51	420.23	1.07
19.32	417.44	1.07
20.11	409.56	1.07
20.48	402.09	1.07
20.79	396.81	1.07

Provino 3 - *Specimen 3*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.81	127.13	0.40
1.16	188.02	0.45
1.49	236.58	0.54
1.82	280.80	0.76
2.16	320.76	1.25
2.50	359.12	1.61
2.84	395.89	1.74
3.17	429.79	1.83
3.50	463.50	1.88
3.84	494.32	1.92
4.16	521.10	2.01
4.49	546.39	2.01
4.82	566.30	2.05
5.16	592.43	2.10
5.50	608.18	2.14
5.85	627.50	2.19
6.21	642.79	2.23
6.57	658.03	2.28
6.90	671.98	2.32
7.25	685.72	2.37
7.59	696.93	2.41
7.93	708.05	2.46
8.28	717.72	2.50
8.63	728.53	2.50
8.96	733.32	2.54
9.29	739.16	2.54
9.65	746.06	2.59
9.98	752.98	2.59
10.31	753.90	2.59
10.65	757.09	2.63
10.97	757.94	2.63
11.29	759.97	2.68
11.63	757.08	2.68
11.98	756.45	2.72
12.33	752.25	2.77
12.69	750.41	2.77
13.04	747.39	2.77
13.39	744.38	2.81
13.75	738.92	2.81
14.10	734.75	2.86
14.44	728.39	2.86
14.79	719.66	2.86
15.16	708.56	2.90
15.49	698.90	2.90
15.85	684.63	2.90
16.18	670.59	2.95
16.52	654.37	2.90
16.87	641.52	2.95
17.21	624.39	2.95
17.34	613.34	2.99
17.74	589.32	2.99
18.24	572.52	3.04
18.58	554.77	3.04
18.94	540.26	3.04
19.29	523.76	3.04
19.64	511.73	3.08
19.99	500.86	3.08
20.34	490.06	3.08

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLES SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

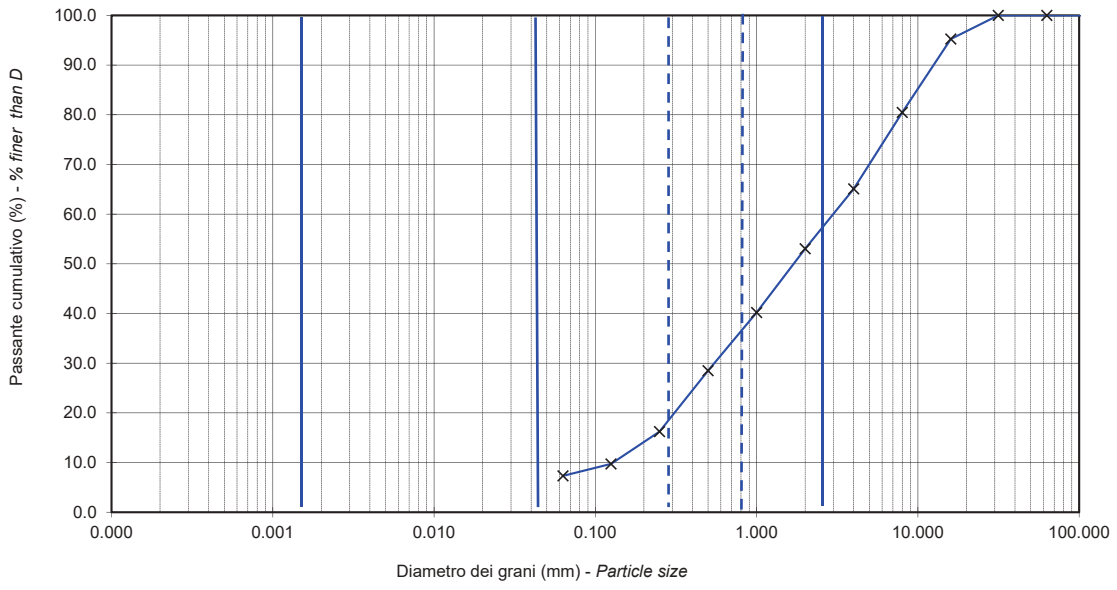
Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 005
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO MXP 109
Sondaggio - *Borehole*	BH3
Campione - *Sample*	CR1
Profondità - *Depth*	17.50- 17.90m
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa Campione (g) - *Specimen weight* 2748.70

Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Weight*	Passante (%) *% finer than D*
125	0.00	100.00
63	0.00	100.00
31.5	0.00	100.00
16	130.67	95.25
8	406.00	80.48
4	423.00	65.09
2	331.20	53.04
1	352.99	40.20
0.5	321.80	28.49
0.25	336.90	16.23
0.125	179.00	9.72
0.063	66.00	7.32

Curva granulometrica - *Particle size distribution (PSD)*



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 006
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO MXP 109
Sondaggio - *Borehole*	**BH3**
Campione - *Sample*	**CR2**
Profondità - *Depth*	**21.55- 21.70m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 706.30

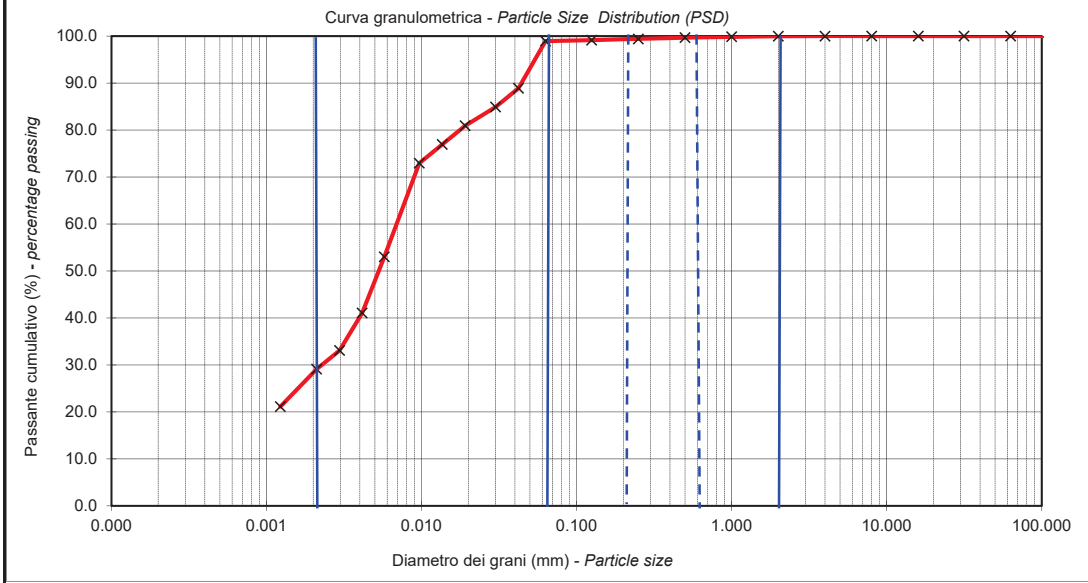
Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
125	0.00	100.00
63	0.00	100.00
31.5	0.00	100.00
16	0.00	100.00
8	0.00	100.00
4	0.10	99.99
2	0.10	99.97
1	0.70	99.87
0.5	1.41	99.67
0.25	2.07	99.38
0.125	1.74	99.13
0.063	1.41	98.93

SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.36

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.042	26.0	88.89
0.030	25.0	84.91
0.019	24.0	80.92
0.014	23.0	76.94
0.010	22.0	72.95
0.006	17.0	53.02
0.004	14.0	41.06
0.0030	12.0	33.09
0.0021	11.0	29.10
0.0012	9.0	21.13

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**0.03**	**Sabbia (%)** *Sand*	**2.48**	**Limo (%)** *Silt*	**69.33**	**Argilla (%)** *Clay*	**28.16**



D_{10} (mm) - D_{60} (mm) 0.007

Agente disperdente - *dispersing agent*: Sodium hexametaphosphate temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Dott. Geol. Enrico Gumoli

Sperimentatore *Technician* Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 007
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO MXP 109
Sondaggio - *Borehole*	**BH3**
Campione - *Sample*	**CR3**
Profondità - *Depth*	**24.50- 24.80m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 1011.60

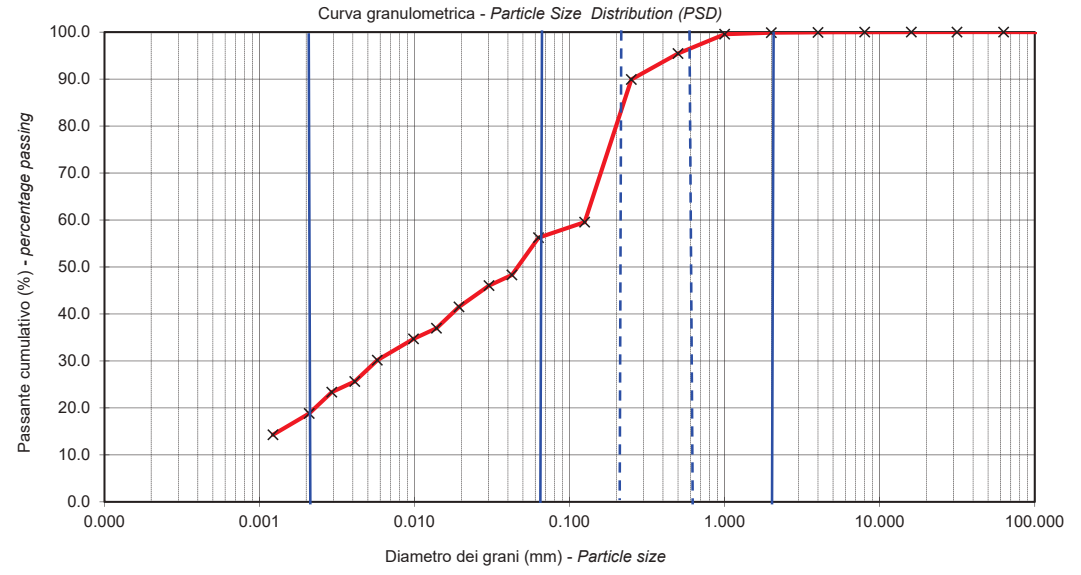
Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
125	0.00	100.00
63	0.00	100.00
31.5	0.00	100.00
16	0.00	100.00
8	0.00	100.00
4	0.70	99.93
2	0.55	99.88
1	3.26	99.55
0.5	41.61	95.44
0.25	55.95	89.91
0.125	307.20	59.54
0.063	33.40	56.24

SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.33

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.042	25.0	48.30
0.030	24.0	46.04
0.019	22.0	41.50
0.014	20.0	36.96
0.010	19.0	34.70
0.006	17.0	30.16
0.004	15.0	25.63
0.0029	14.0	23.36
0.0021	12.0	18.82
0.0012	10.0	14.29

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**0.12**	**Sabbia (%)** *Sand*	**44.79**	**Limo (%)** *Silt*	**36.74**	**Argilla (%)** *Clay*	**18.35**



D_{10} (mm) - D_{60} (mm) 0.127

Agente disperdente - *dispersing agent*: Sodium hexametaphosphate temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Dott. Geol. Enrico Gamoli

Sperimentatore *Technician* Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

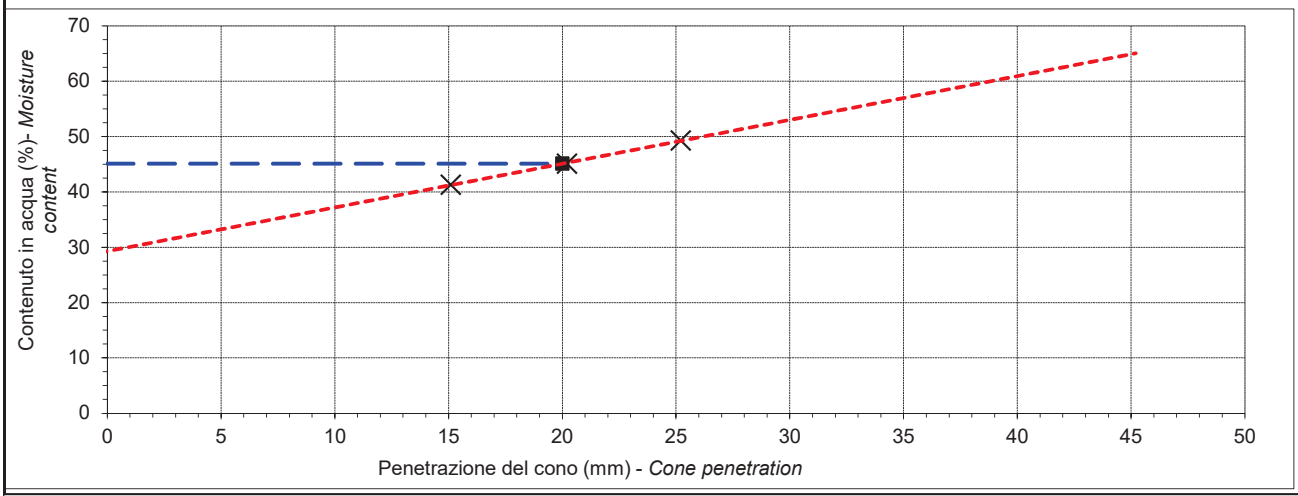
Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 008
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO MXP 109
Sondaggio - *Borehole*	**BH3**
Campione - *Sample*	**CR3**
Profondità - *Depth*	**24.50- 24.80m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025
Classe campione - *Sample quality*	Q4

	Provino 1 - *Specimen 1*	Provino 2 - *Specimen 2*	Provino 3 - *Specimen 3*
Penetrazione del cono (mm) - *Cone penetration*	15	20	25
Massa tara (g) - *Tara weight*	71.26	70.02	70.12
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	85.39	86.14	85.99
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	81.26	81.13	80.75
Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*	41.30	45.09	49.29
Limite liquido (%) - *Liquid limit*		**45.1**	

Massa tara (g) - *Tara weight*	70.01	70.33	
Moist specimen + tara	75.18	76.25	
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	74.27	75.21	
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	21.36	21.38	differenza percentuale 0.09
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	**21.37**		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Sumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

ALLEGATO 4

PROVE CHIMICHE DI LABORATORIO

Committente: **Arup Italia S.r.l.**
Corso Italia, 1
20122 Milano (MI)

RAPPORTO DI PROVA N° 02050/43/90 del 17/02/2025

Verbale di accettazione n° 701/AA del 31/01/2025 — **Vs. rif. -**

SETTORE	**AMBIENTE - ACQUE**
DATI FORNITI DAL COMMITTENTE	
DIRETTORE DEI LAVORI :	-
PROPRIETA' O ENTE APPALTANTE:	-
CANTIERE :	Zibido - Nav Gravagna - Progetto MXP 189
METODO DI CAMPIONAMENTO:	A cura e responsabilità del cliente
VERBALE DI CAMPIONAMENTO:	-
MODALITA' DI PRELIEVO:	A cura e responsabilità del cliente
DATA DI CAMPIONAMENTO :	-
UBICAZIONE PRELIEVO :	Zibido Nav Gravagna - Progetto MXP 189
PUNTO DI CAMPIONAMENTO:	CA1 (6,0 m)
TEMPERATURA AL CAMPIONAMENTO:	-
CONTRASSEGNO CAMPIONE:	CA1 (6,0 m)
DATI ACQUISITI DAL LABORATORIO	
DATA DI RICEZIONE CAMPIONE :	31/01/2025
NATURA DEL CAMPIONE :	Acqua
NUMERO DI PROTOCOLLO CAMPIONE:	701/1
TEMPERATURA ALL'ARRIVO DEL CAMPIONE:	6,0°C
LIMITI	
NORMATIVA DI RIFERIMENTO:	**Vd. Tabella**

I risultati si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova, così come ricevuto.

IL RESPONSABILE DEL SETTORE AMBIENTE	*Dott.ssa Irene SERENA*
LO SPERIMENTATORE	*P.I. Edoardo PIROZZI*

È vietata la riproduzione parziale di questo documento senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

RAPPORTO DI PROVA N° 02050/42/00 del 17/02/2025	Pagina 2 di 2

Verbale di accettazione n° 70/AA del 31/01/2025

Parametro	U.M.	Risultati	Incertezza di misura (2)	Gradi di aggressività XA1 (debole)[1]	XA2 (moderata)[1]	XA3 (forte)[1]	LoQ[3]	Metodo d'analisi	Data inizio analisi	Data fine analisi	Note
pH	U.pH	6,74	± 0,05	< 6,5 e > 5,5	< 5,5 e > 4,5	< 4,5 e > 3,0	-	APAT CNR IRSA 2060 Man. 29 2003	31/01/2025	05/02/2025	4
CO_2 aggressiva	mg/l	12,9	-	-	-	-	2	APAT CNR IRSA 2060 Man. 29 2003	31/01/2025	31/01/2025	NA
Magnesio (Mg^{++})	mg/l	15,3	± 2,4	300 - 1000	1001 - 3000	>3000	1	UNI EN ISO 11885:2009	31/01/2025	31/01/2025	
Ammonio (NH_4^+)	mg/l	0,15	± 0,204	15 - 30	30 - 60	> 60 e ≤ 100	0,015	UNI 10665:2017	31/01/2025	31/01/2025	
Solfati (SO_4^{--})	mg/l	29,4	± 1,2	200 - 600	600 - 3000	>3000 e ≤ 6000	0,1	UNI EN ISO 10304-1:2009	14/02/2025	14/02/2025	
Solfuri (calc. H_2S)	mg/l	< 0,1	-	-	-	-	0,1	UNI EN ISO 12918-1:2021	14/02/2025	14/02/2025	NA

1 I valori limite proposti a riferimento sono quelli riportati nella CNR 80/81-2 progetto 1

2 Incertezza estesa riferita con gradi di libertà=9 fattore di copertura k = 2. Livello di fiducia 95%

3 LoQ: limite di quantificazione

4 Valore di pH determinato alla temperatura di 6,8 °C

[illegible]

NA Prova non accreditata

Fine Rapporto di Prova

Committente: **Arup Italia S.r.l.**
Corso Italia, 1
20122 Milano (MI)

RAPPORTO DI PROVA N° 02051/43/90 del 17/02/2025	Pagina 1 di 2
Verbale di accettazione n° 701/AA del 31/01/2025	Vs. rif. -

SETTORE	AMBIENTE - ACQUE

DATI FORNITI DAL COMMITTENTE

DIRETTORE DEI LAVORI:	-
PROPRIETA' O ENTE APPALTANTE:	-
CANTIERE:	Zibido San Giacomo - Progetto MXP 109
MEZZI DI CAMPIONAMENTO:	A cura e responsabilità del cliente
VERBALE DI CAMPIONAMENTO:	-
MODALITA' DI PRELIEVO:	A cura e responsabilità del cliente
DATA DI CAMPIONAMENTO:	-
UBICAZIONE PRELIEVO:	Zibido San Giacomo - Progetto MXP 109
PUNTO DI CAMPIONAMENTO:	CA2 (25.0 m)
TEMPERATURA AL CAMPIONAMENTO:	-
CONTRASSEGNO CAMPIONE:	CA2 (25.0 m)

DATI ACQUISITI DAL LABORATORIO

DATA DI RICEZIONE CAMPIONE:	31/01/2025
NATURA DEL CAMPIONE:	Acqua
NUMERO DI PROTOCOLLO CAMPIONE:	701/2
TEMPERATURA ALL'ARRIVO DEL CAMPIONE:	6,0°C

LIMITI

NORMATIVA DI RIFERIMENTO:	Vd. Tabella

I risultati si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova, così come ricevuto.

IL RESPONSABILE DEL SETTORE AMBIENTE	*Dottssa Irene SBERNA*
LO SPERIMENTATORE	*P.I. Edoardo PIROZZI*

È vietata la riproduzione parziale di questo documento senza l'autorizzazione della Tecno Piemonte

RAPPORTO DI PROVA N° 02051/43/90 del 17/02/2025	Pagina 2 di 2

Verbale di accettazione n° 701/AA del 31/01/2025

Parametro	U.M.	Risultato	Incertezza di misura (1)	Grado di aggressività			LoQ (3)	Metodo d'analisi	Data inizio analisi	Data fine analisi	Note
				NA1 (debole)	NA2 (moderato)	NA3 (forte)					
pH	Unità pH	6.79	± 0.15	5.5 ≤ pH ≤ 6.5	4.5 ≤ pH < 5.5	4.0 ≤ pH < 4.5	-	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	31/01/2025	31/01/2025	4
CO_2 aggressiva	mg/l	14.9	-	-	-	-	3	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	31/01/2025	31/01/2025	NA
Magnesio (Mg^{++})	mg/l	19.2	± 0.1	300 - 1000	1000 - 3000	>3000	1	UNI EN ISO 11885:2009	31/01/2025	31/01/2025	
Ammonio (NH_4^+)	mg/l	< 0.015	-	15 - 30	30 - 60	60 < x ≤ 100	0.015	UNI 11669:2017	31/01/2025	31/01/2025	
Solfati (SO_4^{--})	mg/l	65.5	± 2.9	200 - 600	600 - 3000	>3000 < x ≤ 6000	0.1	UNI EN ISO 10304-1:2009	13/02/2025	13/02/2025	
Solfuro totale (H_2S)	mg/l	< 0.1	-	-	-	-	0.1	UNI EN ISO 10304-1:2009	13/02/2025	13/02/2025	NA

1. I valori limite previsti riferiscono dove quelli riportati nella UNI 8981 2 paragrafo 1
2. Incertezza estesa espressa con gradi di libertà 9 fattore di copertura k = 2, livello di fiducia 95%
3. LoQ: limite di quantificazione
4. Valore di pH determinato alla temperatura di 6.8 °C

Il risultato precedato dal simbolo "<" indica un valore inferiore al LoQ strumentale inferiore di quantificazione.

NA: Prova non accreditata

Fine Rapporto di Prova

ALLEGATO 5

INDAGINE GEORADAR ED ELETTROMEGNETICA

AWS ARUP ITALIA

MXP 109 Design - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

INDAGINI GEOFISICHE PER LA RICERCA DI SOTTOSERVIZI E STRUTTURE ANOMALE INTERRATE

P. 1858

Redatto	visto:
Alberto pagano	Massimo Luca Schinelli
	Data: 7 febbraio 2025

Alberto Pagano, PhD

SCHINELLI CONSULTING
geotecnica, geofisica, controlli non distruttivi
Via Bernina, 16 - 20044 Arese (MI)
www.schinelli.com

Indice

1. PREMESSA 3
2. METODOLOGIA DI INDAGINE 3
3. RILIEVO STRUMENTALE – SCHEMA D'INDAGINE 4
4. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOFISICA 6

APPENDICE 1. METODI GEOFISICI TECH. NOTE NO. 04 – ALBERTO PAGANO, PHD.
METODO ELETTROMAGNETICO GEORADAR [GPR] - Metodi geofisici TECH. NOTE 04

APPENDICE 2. METODI GEOFISICI TECH. NOTE 03 – ALBERTO PAGANO, PHD
METODO ELETTROMAGNETICO AD INDUZIONE EM, FEM

TAVOLA 1. UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE
TAVOLA 2. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOFISICA. CARTA DELLA CONDUCIBILITÀ ELETTRICA DEL TERRENO
TAVOLA 3. INDAGINI GEOFISICA GEORADAR [GPR]. SEZIONI RADARGRAFICHE
TAVOLA 4. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE
TAVOLA 5. FOTOGRAFIE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

1. PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati emersi dalle indagini geologiche geofisiche realizzate a supporto delle attività di studio geognostico per l'area:

MXP 109 - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

L'indagine è stata svolta nell'ottica della caratterizzazione geofisica, a supporto delle indagini geognostiche.

L'intervento in oggetto riguarda i seguenti temi:

- RICERCA DI SOTTOSERVIZI E ZONE ANOMALE CON STRUTTURE INTERRATE.

Lo studio attuato è stato articolato nelle seguenti fasi:

a) sopralluogo con rilievi di dati diretti, realizzazione di rilievi in sito specifici attraverso la realizzazione di misure geofisiche con metodologie elettromagnetiche diversificate e complementari;
b) interpretazione dei dati e relazione tecnico descrittiva.

2. METODOLOGIA DI INDAGINE

La prospezione geofisica costituisce una disciplina d'esplorazione del sottosuolo di tipo *indiretto* (*PnD, Prove non Distruttive*). Le anomalie riscontrate, ricondotte ad una variazione repentina nel terreno delle proprietà fisiche elettromagnetiche, possono essere compatibili, attraverso un'opportuna interpretazione, con la presenza di strutture sepolte.

Risulta infatti specifico compito della geofisica, con i suoi vari metodi d'applicazione, individuare ed indicare tutte le località possibili in cui si trovi qualcosa che possa essere valutato inerente l'obiettivo dell'indagine.

Per questo tipo di anomalie, indicate come "possibili", almeno là dove non ne esista e quindi ne venga dichiarata la presenza certa, rimane risolutiva l'indagine diretta; resta comunque

compito precipuo della geofisica indicarne la localizzazione, la distribuzione e le priorità delle eventuali successive verifiche dirette.

Per la ricerca di strutture interrate complesse il concetto descritto risulta tanto più rispondente quanto maggiore appare la diversità dell'oggetto di ricerca; quando non è possibile precisare l'intorno significativo e le strutture non pertinenti (cavità, cavidotti, cavi singoli, tubazioni, tracce di attività disparate, materiali, etc.) né tantomeno la natura, lo stato fisico degli oggetti estranei al terreno naturale ed il loro intorno, ai materiali di riporto e rimaneggiati. La ricerca avviene attraverso la delimitazione interpretativa di aree geofisicamente "omogenee" o, per contro, "discontinue".

La correlazione tra anomalie geofisiche e tipologie dei materiali e delle strutture è semiquantitativa, basata sulla dinamica strumentale propria, sull'esperienza e da dati di letteratura.

DATA DI REALIZZAZIONE DELLE INDAGINI

I rilievi geofisici sono stati realizzati nel periodo gennaio 2025

La superficie dell'area è pari a 46.000 m^2 circa.

Tutti i rilievi sono stati eseguiti in condizioni ambientali idonee alla corretta caratterizzazione geofisica. In particolare il tempo leggermente piovoso non ha influito negativamente sulle modalità operative né sui risultati delle indagini.

3. RILIEVO STRUMENTALE – SCHEMA D'INDAGINE

Lo scopo della ricerca è consistito nell'individuazione di strutture di dimensioni macroscopiche, poste nel sottosuolo e rilevabili per quanto possibile dalla attuale tecnologia messa a disposizione. L'obiettivo dell'indagine, in particolare, è consistito nell'individuazione di strutture, di sottoservizi interrati e di eventuali serbatoi interrati. Per la presente ricerca, è stato ritenuto efficace l'impiego del metodo georadar *Ground Probing Radar* [GPR], (APPENDICE 1. METODI GEOFISICI).

[GPR Ground Probing Radar]	System specifications *GEOPHYSICAL SURVEY SYSTEMS* Inc., U.S.A. – SIR System High Power Antenna: GSSI Inc. U.S.A. Data Collection Mode: *continuous* measuring

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata [GPR].

L'area si trova generalmente impostata su terreni di riporto e naturali con ghiaia prevalente.

SCHEMA D'INDAGINE

L'indagine geofisica nelle località definite, è stata strutturata in modo sistematico effettuando le misure secondo la seguente modalità.

1) Acquisizione dei dati di campagna attraverso la realizzazione di profili di misura strumentale, sulla base delle condizioni di disponibilità di ciascuna area. Ciò al fine di esplorare l'area attraverso uno studio sistematico, realizzato secondo tratte significative longitudinali e trasversali a copertura delle zone di indagine, poste anche in ragione della disponibilità dei luoghi e dei limiti di interferenza strumentale con strutture limitrofe. Durante la fase di acquisizione dei dati è stata impostata la profondità ottimale possibile d'esplorazione (3-4 m circa); al fine di garantire il raggiungimento dello scopo del lavoro e di fornire un'adeguata risoluzione delle discontinuità rilevate.
2) Interpretazione dei dati in fase esecutiva, finalizzata a mirare l'ubicazione di località corrispondenti alla presenza di strutture interrate, attraverso la definizione di aree del terreno "geofisicamente" omogenee o differenziate.
3) Verifica strumentale indiretta circa l'eventuale presenza di sottoservizi con corrente elettrica di rete in tensione.
4) Sintesi dei risultati interpretativi in sede esecutiva delle indagini. Evidenza dei punti di interesse e delle località idonee alla perforazione.

L'indagine geofisica ha evidenziato la presenza di anomalie nella normale dispersione degli impulsi elettromagnetici irradiati nel terreno. Le anomalie sono compatibili con la presenza di strutture interrate nel sottosuolo quali sottoservizi interrati.

4. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOFISICA

E' stata effettuata la ricerca di sottoservizi interrati e di zone anomale del terreno eventualmente compatibili con accumuli interrati o zone del terreno alterate presso l'area

MXP 109 Design - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

I risultati dell'indagine individuano la presenza soltanto di sottoservizi interrati, consistenti generalmente in cavidotti superficiali, ubicati alla profondità di circa 0,5-1,0 m.
Si evidenzia la presenza di un sottoservizio attivo, compatibile con la tubazione dell'acquedotto pubblico o metanodotto, in fregio alla SP139.
Tutte le superfici dell'area risultano caratterizzate da terreni naturali o con riporti di inerti in superficie.

Le Tavole allegate illustrano i risultati ottenuti.

TAVOLA 1. UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE
TAVOLA 2. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOFISICA. CARTA DELLA CONDUCIBILITÀ ELETTRICA DEL TERRENO
TAVOLA 3. INDAGINI GEOFISICA GEORADAR [GPR]. SEZIONI RADARGRAFICHE
TAVOLA 4. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE
TAVOLA 5. FOTOGRAFIE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

Dott. Alberto Pagano

APPENDICE 1. METODI GEOFISICI TECH. NOTE 04 – ALBERTO PAGANO, PHD.

1. METODO ELETTROMAGNETICO GEORADAR [GPR][1]

Il metodo georadar [GPR *Ground Probing Radar*] impiega un dispositivo denominato *klinstron-reflex* per generare onde elettromagnetiche (v. Fig. E1. *Spettro delle onde elelettromagnetiche*). Le onde vengono irradiate nel terreno e contemporaneamente ricevute, al fine di determinarne alcune caratteristiche di interesse connesse alla presenza di discontinuità fisiche all'interno del mezzo di propagazione.

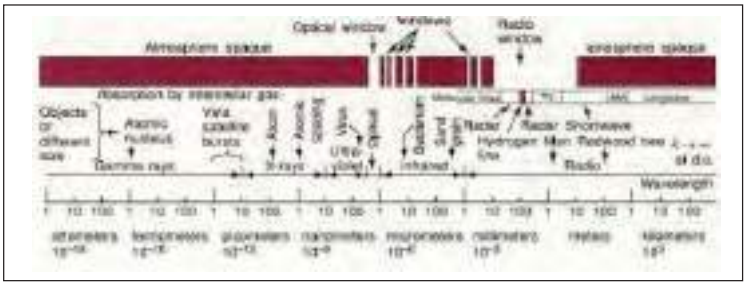


Fig. E1. *Spettro delle onde elelettromagnetiche* (da KRAUS, *Electromagnetics*, 1992; modificata).
[lunghezza d'onda $\lambda = c \cdot f^{-1}$, in cui: $c = 3\ 10^8$ m s^{-1}, f: frequenza (Hz)].

La strumentazione invia, attraverso l'antenna, un impulso multifrequenza nel mezzo d'indagine.
Eventuali discontinuità fisiche interferiscono con i campi dello spettro primario generando fenomeni di diffrazione.
Le onde elettromagnetiche secondarie, distorte sia in *frequenza* che in *fase*, vengono ricevute dallo stesso apparato (v. Fig. E2. *Rappresentazione schematica del metodo GPR*).
Per un mezzo a conduttività finita, nelle condizioni di frequenza impiegate, la *costante di propagazione K* risulta un numero complesso (parte *reale* + parte *immaginaria*). Essa vale:

$$k = \alpha + i\beta$$

trovandosi nella relazione fondamentale di propagazione di un'onda, per il vett
ore campo elettrico E,

$$\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(k\zeta - \omega t)}$$

la *costante di propagazione k* risulta quindi caratterizzata dalle seguenti variabili proprie di ciascun mezzo di

$$\alpha = \omega\left[\frac{\mu\varepsilon}{2}\left(\sqrt{1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}}+1\right)\right]^{1/2} \qquad \beta = \omega\left[\frac{\mu\varepsilon}{2}\left(\sqrt{1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}}-1\right)\right]^{1/2}$$

$\omega = 2\pi \cdot f$ (Hz), frequenza angolare
μ = permeabilità magnetica (H m-1)
σ = conducibilità elettrica (S m-1)
ε = permeabilità elettrica (F m-1)

propagazione.

[1] Tech. Note No. 04 – Alberto Pagano, PhD.
http://www.cittametropolitana.mi.it/export/export_14032014/p_bonifiche_lineeguida03_prospezione_geofisica.pdf
Ex_HTTP://WWW.PROVINCIA.MILANO.IT/EXPORT/SITES/DEFAULT/AMBIENTE/DOC/P_BONIFICHE_LINEEGUIDA03_PROSPEZIONE_GEOFISICA.PDF

Il risultato dell'elaborazione strumentale è una serie di *spikes*, la cui intensità dipende da quella del contrasto di permeabilità elettrica e conduttività tra gli orizzonti attraversati; l'ubicazione dei quali dipende dalla velocità di propagazione delle onde nei materiali.

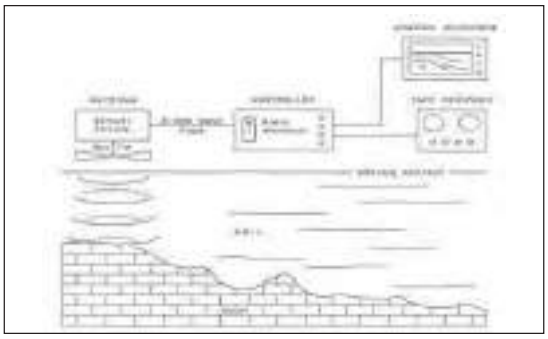


Fig. E2. *Rappresentazione schematica del metodo Ground Penetrating Radar GPR.*
(da BENSON, GLACCUM & NOEL, *Project Report to U.S. E.P.A.*, 1982; modificata).

Conoscendo le principali grandezze fisiche elettromagnetiche dei terreni attraversati è possibile trasformare la sezione distanze-tempi in una sezione distanze-profondità. La profondità massima di esplorazione risulta funzione della frequenza dominante del segnale emesso e della resistività elettrica del terreno oltreché dalla potenza dissipata.

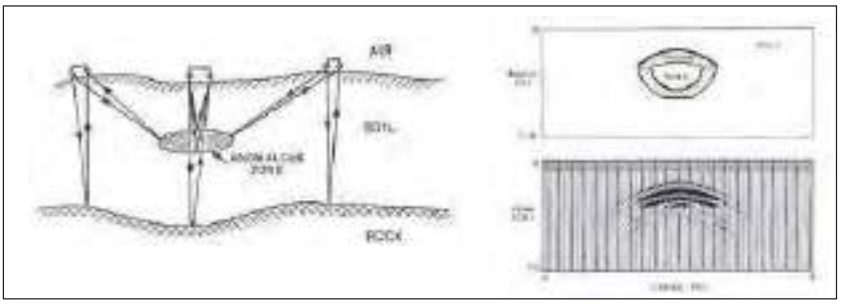


Fig. E3. *Rappresentazione schematica dei vettori d'onda in relazione ad un bersaglio nel terreno ed alla stratificazione, a sinistra.* (da DAVIS J.L. & ANNAN A.P., *Geophysical Prospecting, 1989*).
Simulazione GPR generata da una sepoltura tipo, a destra. (da GOODMAN D., *Geophysics*, 1994)

L'unità di controllo e il *display* sono collegati mediante un cavo al trasduttore; i dati vengono acquisiti a 16 bits, visualizzati direttamente sullo schermo LCD a matrice attiva sotto forma di *radargrammi* a colori e registrati su *hard disk* interno, per poi essere trasferiti al computer di elaborazione.
Il successivo *processing* dei dati viene realizzato con *software* specifici. L'elaborazione consente di applicare ai segnali registrati, oltre a semplici funzioni di *filtraggio*, processi di *migrazione*, *deconvoluzione*, *correzione statica* e *normalizzazione topografica*.

APPENDICE 2. METODI GEOFISICI TECH. NOTE 03 – ALBERTO PAGANO, PHD

METODO ELETTROMAGNETICO AD INDUZIONE EM, FEM •

Il metodo elettromagnetico ad induzione EM impiega onde elettromagnetiche in radio frequenza che vengono trasmesse nel terreno.

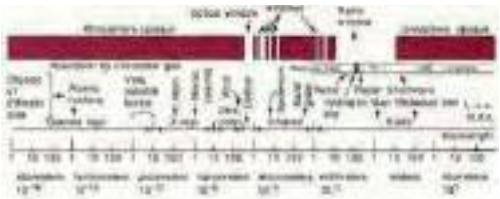


FIG. D1. Spettro delle *onde elelettromagnetiche*. [*lunghezza d'onda* $\lambda = c \cdot f^{-1}$, in cui: $c = 3\ 10^8$ m s^{-1}, f: *frequenza* (Hz)]. (da KRAUS, 1992; modificata)

Il metodo utilizzato si configura nella prospezione geofisica del terreno tra i metodi di carattere applicativo *sensu latu*.

FIG. D2. Intervalli tipici di variabilità della *resistività* di rocce e di suoli ottenuti con metodi diversi (a sinistra). (da Sellman *et al*. 1976). (da WARD & FRASER, 1967)

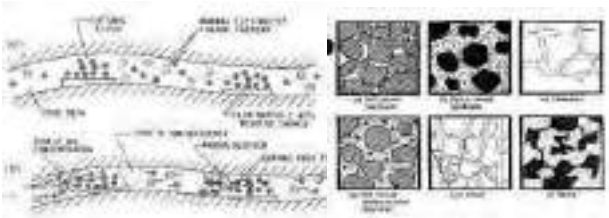


FIG. D3. *Polarizzazione elettrica* in una roccia contenente minerali argillosi. (a) Prima, (b) dopo l'applicazione di un campo elettrico (a sinistra); *tessiture* diversificate delle rocce (a destra). (da WARD & FRASER, 1967)

FIG. D4. Principali processi geologici che influenzano la *resistività* delle rocce con misura con metodi elettromagnetici (da Ward, 1990).

I principali vantaggi offerti dal metodo sono:

• Tech. Note No. 03 – Alberto Pagano, PhD.
http://www.cittametropolitana.mi.it/export/export_14032014/p_bonifiche_lineeguida03_prospezione_geofisica.pdf

Il metodo adottato consiste nell'invio, attraverso un'antenna a dipolo, di un segnale elettromagnetico, in frequenza VLF (*Very Low Frequency*) verso il mezzo d'indagine. I segnali in uscita e in ingresso vengono elaborati nelle loro componenti fondamentali, con restituzione della *resistività* elettrica apparente del mezzo alla propagazione.

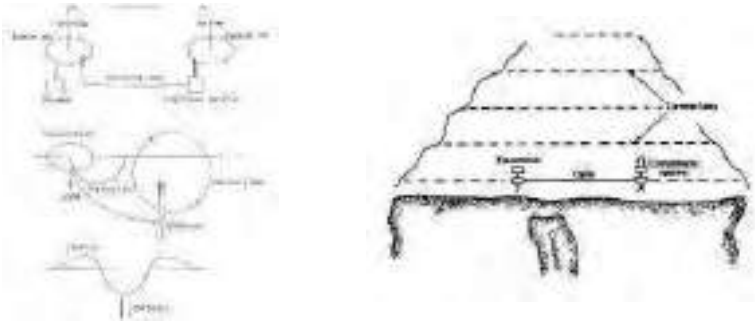


FIG. D5. Principio di funzionamento dei metodi elettromagnetici (a sinistra). (da D. VOGELSANG, 1991). Modalità di realizzazione di un rilievo elettromagnetico tipo (a destra). (da W.M. TELFORD *et al*., 1976)

Eventuali discontinuità fisiche interferiscono con i campi dello spettro primario, generando fenomeni di *dispersione* e di *diffrazione*.
Le onde elettromagnetiche secondarie, distorte sia in *frequenza* che in *fase*, vengono ricevute dallo stesso apparato strumentale.
Come illustra la Fig. D7, i campi **E** elettrico ed **H** magnetico delle onde elettromagnetiche, per certe caratteristiche di configurazione di emissione, sono descritti, in un determinato istante *t*, da onde polarizzate verticalmente.

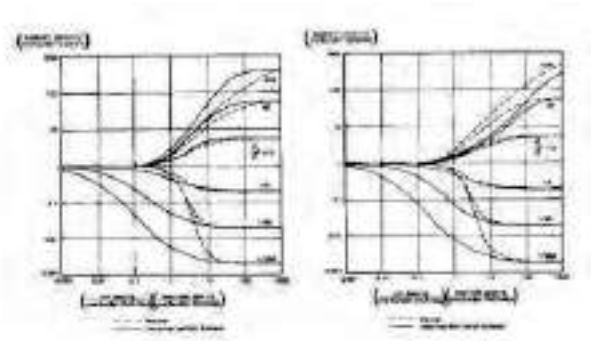


FIG. D6. Confronto tra curve di *resistività* a *due strati* ottenute con dispositivo D.C. Wenner, a sinistra, e ad induzione elettromagnetica, a destra. (da J.D. MCNEILL, 1980)

E' noto che, in prossimità del suolo, il campo **E** è inclinato, rispetto alla verticale, verso la direzione X di propagazione dell'onda. Questo avviene per gli effetti della propagazione di onde elettromagnetiche in prossimità della superficie di separazione tra un *dielettrico* ed un *conduttore*, ovvero sulla superficie terrestre (ZENNECK, 1908; BURROWS, 1936). L'angolo di inclinazione, come sarà descritto, dipende dalle caratteristiche elettriche del suolo.
Al suolo, la componente orizzontale del campo elettrico, a causa della conducibilità elettrica propria del mezzo che è molto maggiore di quella dell'aria, dà luogo ad una corrente di conduzione. Essa è diretta lungo la direzione di propagazione dell'onda ed è sfasata rispetto al campo elettrico dell'onda incidente.

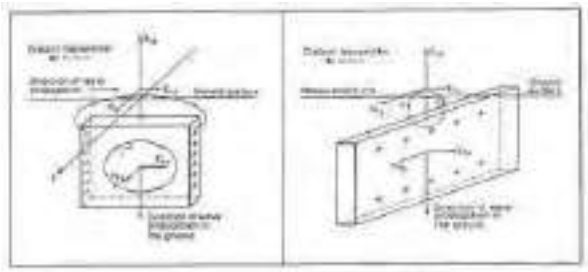


FIG. D7. Configurazioni possibili del campo elettromagnetico rispetto alla disposizione geometrica di una struttura teorica. (da D.S. PARASNIS, 1972)

Le ampiezze dei vettori **E** ed **H** in ciascun mezzo sono legate fra loro dalla relazione [STRATTON, 1941, *Electromagnetic Theory*; SCHELKUNOFF S. A., 1938, *The Impedance Concept and Its Application to Problems of Reflection, Refraction, Shielding and Power Absorption*]:

$$H = (k^{1/2} / \mu\, \omega)\, E \qquad (1)$$

dove [k] è il modulo del vettore d'onda di propagazione, μ è la permeabilità magnetica del mezzo ed ω la pulsazione angolare; per un mezzo conduttore, di conducibilità elettrica σ, vale la relazione [STRATTON J. A., 1941]

$$k^{1/2} / \mu\, \omega = (\sigma / \mu\, \omega)^{1/2}. \qquad (2)$$

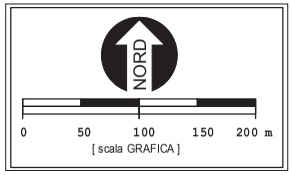
Poiché $\mu = \mu_0\, \mu_r$, ove μ_r è la permeabilità magnetica relativa del mezzo e $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (H m^{-1}), la (2) può essere riscritta nella forma

$$k^{1/2} / \mu\, \omega = 355.8\, (\sigma / f\, \mu_r) \qquad (3)$$

ove $f = \omega / 2\pi$ è la frequenza dell'onda incidente.

FIG. D8. Le figure descrivono l'efficacia del metodo elettromagnetico EM-Resistivity nella risoluzione di strutture geologiche contraddistinte da discontinuità laterale di spessore variabile. (da J.D. MCNEILL, 1980)

MXP 109 Design - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

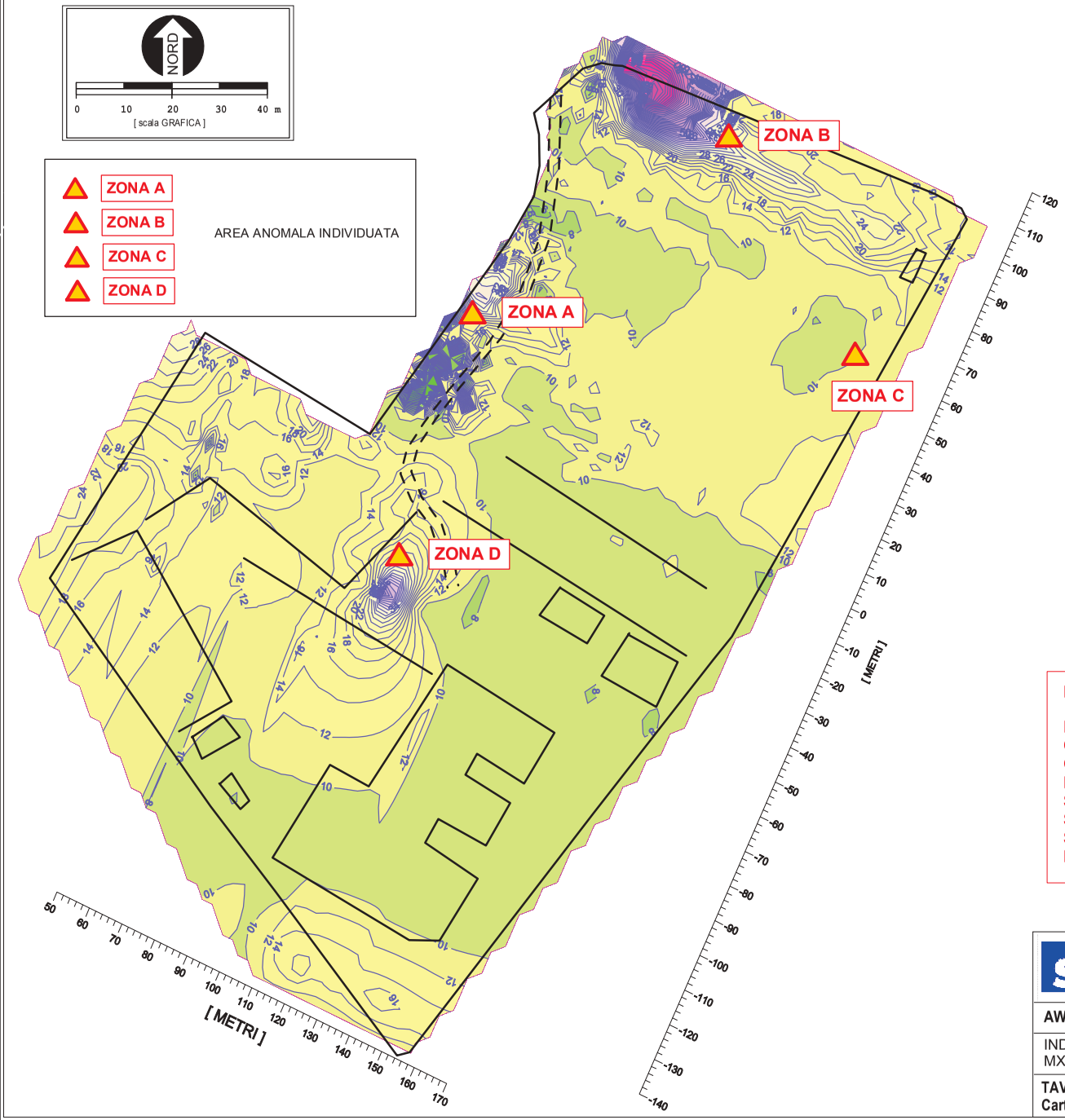


INDAGINE GEOFISICA ELETTROMAGNETICA GEORADAR
PER LA RICERCA DI SOTTOSERVIZI INTERRATI E STRUTTURE ANOMALE

AREA DI INDAGINE

SCHINELLI CONSULTING
geotecnica, geofisica, controlli non distruttivi
Via Bernina, 15 - 20044 Arese (MI)
www.schinelli.com

AWS - Arup Italia	data 02/2025
INDAGINE GEOFISICA - MXP 109 Design - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)	scala GRAFICA
TAVOLA 1. Ubicazione dell'area di indagine	1858_1



MXP 109 Design - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

CONDUCIBILITA' ELETTRICA >
< RELAZIONE, TERRENI E MATERIALI

[CONDUCTIVITY, (mS x M-1)]

108, 102, 96, 90, 84, 78, 72, 66, 60, 54, 48, 42, 36, 30, 24, 18, 12, 6

ZONE DI ANOMALIA
TERRENI ALTERATI
STRUTTURE METALLICHE
INTERRATE

TERRENI NATURALI
E DEPOSITI
SUPERFICIALI INERTI

4 ISOMETRIC LINE, ELECTROMAGNETIC CONDUCTIVITY [mSiemens x M-1]

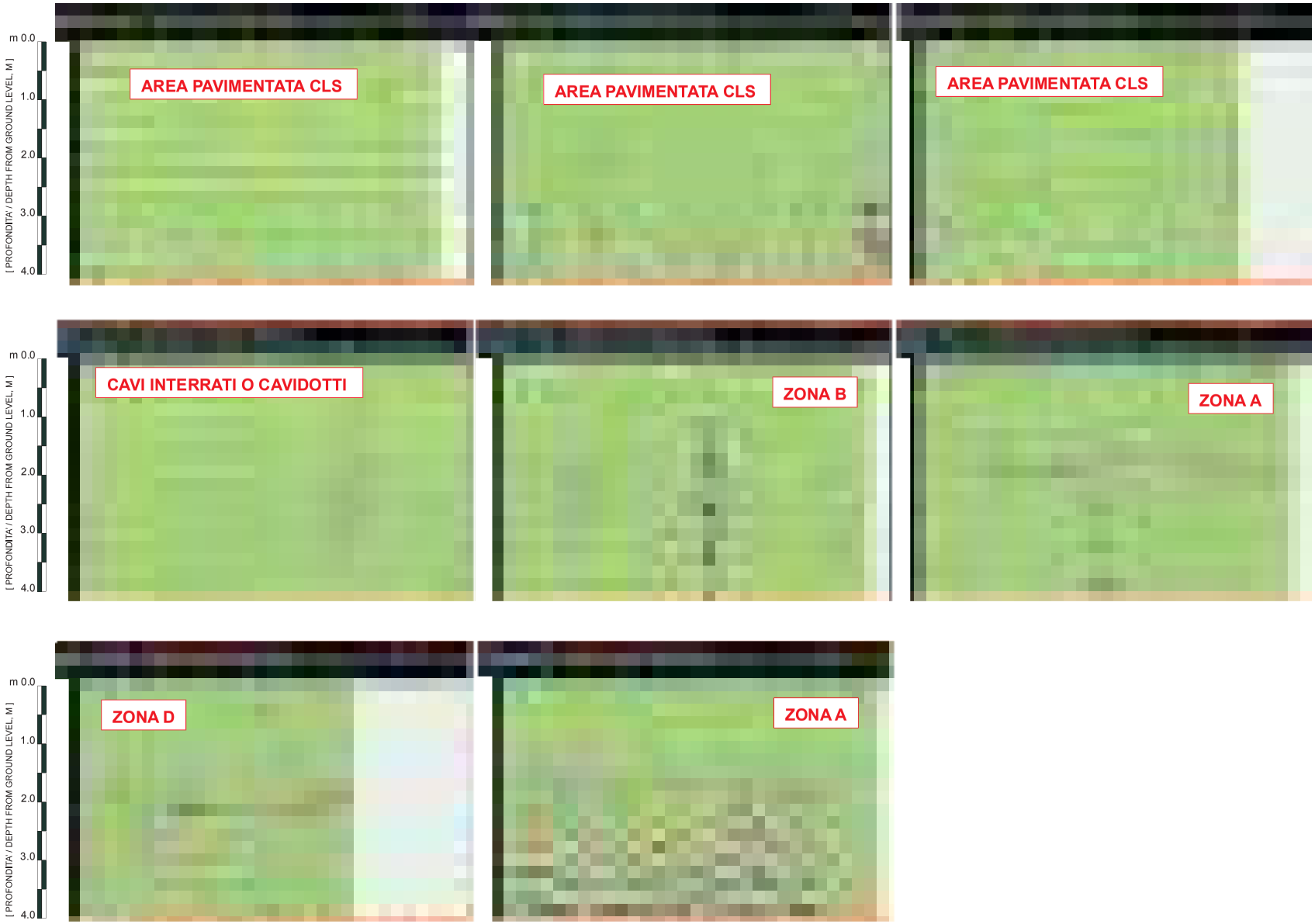
CONDUCIBILITA' ELETTRICA DEL SOTTOSUOLO [Ms.M-1]
DA 0 A 3-4 M DI PROFONDITA'

RISULTATI

L'AREA DI INDAGINE RISULTA CARATTERIZZATA DA VALORI DI RESISTIVITA' GEOFISICA DEL TERRENO COMPATIBILI CON TERRENI E RIPORTI DI INERTI SUPERFICIALI.
SONO STATI INDIVIDUATI I PRINCIPALI SOTTOSERVIZI INTERRATI.
SI EVIDENZIANO LE STRUTTURE INTERRATE DI INTERESSE.

SCHINELLI CONSULTING
geotecnica, geofisica, controlli non distruttivi
via Bernina, 16 - 20044 Arese (MI)
www.schinelli.com

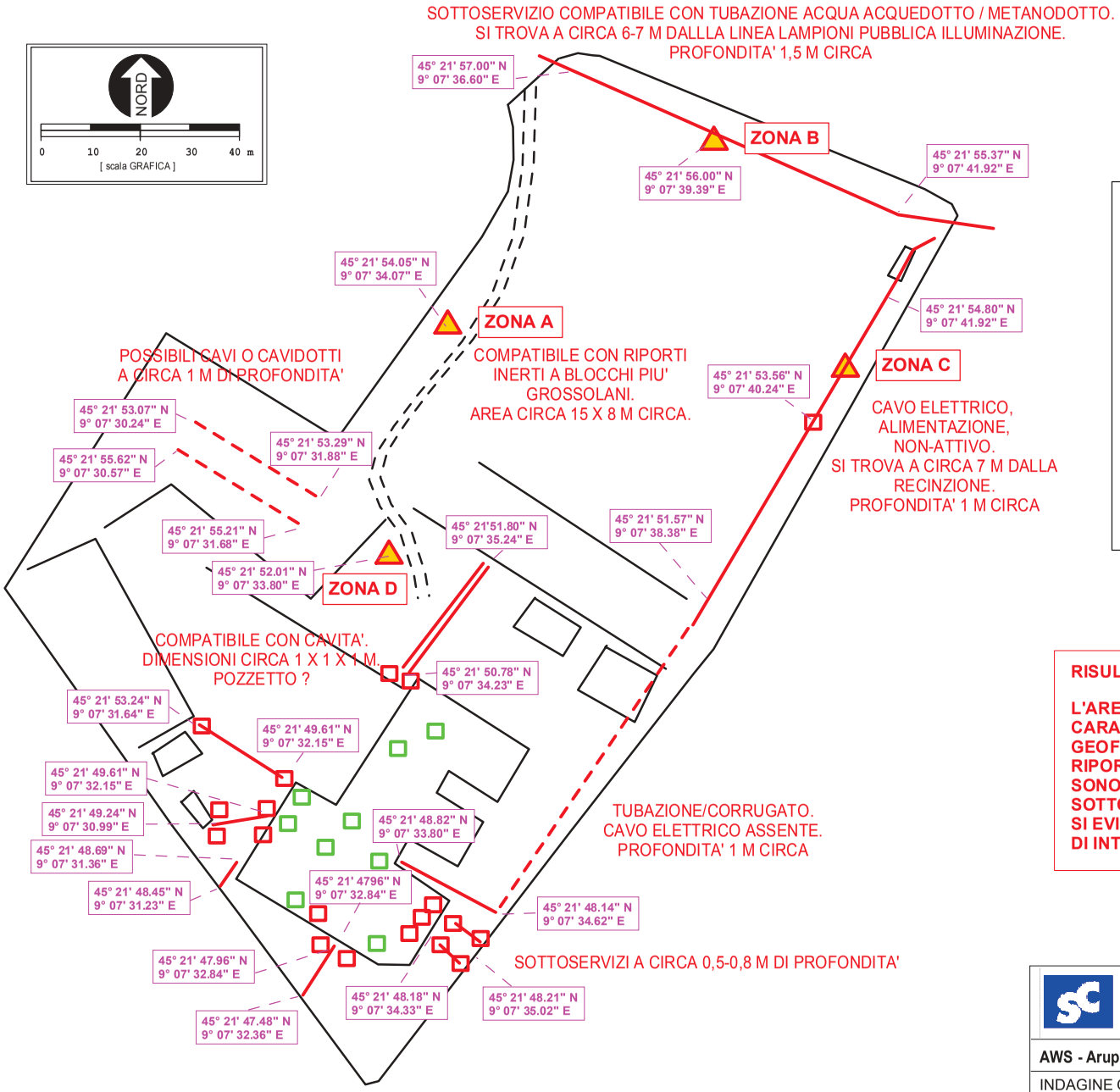
AWS - Arup Italia	data 02/2025
INDAGINE GEOFISICA - MXP 109 Design - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)	GRAFICA scala
TAVOLA 2. Risultati delle indagini geofisiche. **Carta della conducibilità elettrica del terreno**	1858_2



INDAGINE GEOFISICA GEORADAR [GPR]
PER LA RICERCA DI STRUTTURE INTERRATE
PROFONDITA' DI INDAGINE = 0 - 4 M CIRCA

SEZIONE GEORADAR - [GPR] GROUND PENETRATING RADAR PROFILE

		INDAGINE GEOFISICA - MXP 109 DESIGN - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
AWS - Arup Italia	data 02/2025	**Tavola 3. Indagini geofisiche GEORADAR [GPR]** **Sezioni radargrafiche**



MXP 109 Design - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

ZONA A
ZONA B
ZONA C
ZONA D

ZONE ANOMALE INDIVIDUATE

COORDINATE GPS-WGS84

45° 21' 55.37" N
9° 07' 41.92" E

POZZETTO OSSERVABILE

POZZETTO OSSERVABILE
COMPATIBILE CON MESSA A TERRA

TRACCIA DI SOTTOSERVIZIO INTERRATO

PROBABILE TRACCIA DI SOTTOSERVIZIO INTERRATO

RISULTATI

L'AREA DI INDAGINE RISULTA CARATTERIZZATA DA VALORI DI RESISTIVITA' GEOFISICA DEL TERRENO COMPATIBILI CON TERRENI E RIPORTI DI INERTI SUPERFICIALI.
SONO STATI INDIVIDUATI I PRINCIPALI SOTTOSERVIZI INTERRATI.
SI EVIDENZIANO LE STRUTTURE INTERRATE DI INTERESSE.

SCHINELLI CONSULTING
geotecnica, geofisica, controlli non distruttiv
Via Bernina, 18 - 20044 Arese (MI)
www.schinelli.com

AWS - Arup Italia	data 02/2025
INDAGINE GEOFISICA - MXP 109 Design - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)	GRAFICA scala
TAVOLA 4. Risultati delle indagini geofisiche	1858_4

MXP 109 Design - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

INDAGINE GEOFISICA GEORADAR [GPR]
PER LA RICERCA DI STRUTTURE INTERRATE
PROFONDITA' DI INDAGINE = 0 - 4 M CIRCA

		INDAGINE GEOFISICA - MXP 109 DESIGN - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
AWS - Arup Italia	data 02/2025	**Tavola 5. FOTOGRAFIE delle indagini geofisiche**

A.2 Campagna geognostica– Arcadis, 2023-2024

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 02/01/2024
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/2

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Lefranc	Piezometer
1	0.0		Filling material of the basin, consisting of weakly gravelly silt and sand. Few brick remains. Brown color			1.0 CR Sw4-CR1 1.5		
2	1.5		Grey-brown weakly silty gravel and sand.	1.5	C 13-19-13			
3				3.0	C 12-5-2			
4	3.6		Grey weakly gravelly/gravelly sand.			4.0 CR Sw4-CR2 4.5		
5	b.b.			4.5	C 11-11-8			
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 02/01/2024
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring	Sheet 2/2

Photographic report

Sw4 0-5 m

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw5
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 02/01/2024
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/2

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Lefranc	Piezometer
1	0.0		Filling material of the basin, consisting of weakly gravelly silt and sand. Few brick remains. Brown color			1.0 CR Sw5-CR1 1.5		
2	1.5		Grey weakly silty gravel and sand.	1.5	O 6-14-20			
3				3.0	C 6-14-11	3.5		
4	3.6		Brown weakly silty gravel and sand.			CR Sw5-CR2 4.5		
5	b.b.			4.5	C 24-27-29			
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw5
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 02/01/2024
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 2/2

Photographic report

Sw5 0-5 m

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/3

Depth	Description
0.0	Filling material, consisting of weakly silty gravel and sand. Brick remains. Light Brown/grey color
0.7	Brown weakly gravelly silt with sand.
1.5	Light brown/grey weakly gravelly, silty sand.
2.0	Light grey weakly silty sand and gravel.
3.0	Light grey weakly silty gravel and sand.
4.5	Weakly silty sand with gravel and weakly silty gravelly sand organized in metric/decimetric thickness layers. light brown color
13.5	Light brown weakly silty gravel with sand.
14.4	Weakly clayey silt. beige color
15.5	Light grey to beige silty sand.
17.2	Light brown silty gravel with sand.
18.5	Light brown to beige silty sand and gravel.

S.P.T. depth	S.P.T. value
1.5	O 2-2-1
3.0	O 4-3-5
4.5	O 9-9-2
6.0	O 10-14-13
7.5	O 10-13-10
9.0	O 9-9-9
10.5	C 8-11-12
12.0	C 10-18-18
13.5	C 13-10-13
15.5	C 3-5-5
16.5	C 5-5-13
18.0	C 46-26-19
19.5	C 7-3-2

Samples	Lefranc
0.7	1.0
CR Sw6-CR1	LEF-1
1.3	1.5
2.0	
CR Sw6-CR2	
3.0	
	4.0
	LEF-2
	4.5
7.0	
CR Sw6-CR3	
8.0	
15.0	
CI Sw6-CI1	
15.5	

Piezometer: 1.79 18/1/24

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample
LEF=Lefranc permeability test
=Groundwater level (measurement date)
Stand pipe piezometer
Perforated plastic pipe

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 2/3

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Groundwater	Piezometer
21	20.8		Light brown to beige silty sand and gravel.					
	21.4		Beige silty sand.	21.0	O 4-6-10			
22			Weakly silty clay / clay with silt. Beige color			22.5		
23	23.0			23.0	O 11-17-29	CI Sw6-CI2 23.0		
24			Reddish brown to beige sand. silty sand layer between -24.1 and -24.7 m	24.0	O 7-17-22			
25								
26				25.5	O 9-26-39	26.0		
27				27.0	O 9-20-32	CR Sw6-CR4 27.0		
28								
29				28.5	O 10-22-31			
30	b.b.			30.0	O 20-35-39			

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 3/3

Photographic report

Sw6 0-5 m

Sw6 5-10 m

Sw6 10-15 m

Sw6 15-20 m

Sw6 20-25 m

Sw6 25-30 m

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw7
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 15/01/24 - 18/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/3

Depth	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Lefranc
0.0	Weakly gravelly sandy silt / silty sand. Roots residue. Brown color.			1 CR Sw7-CR1 1.5	0.9 LEF-1 1.5
1.5	Light brown/grey weakly pebbly and weakly silty gravel with sand.	1.5	O 4-5-5		
		3.0	O 12-9-8		
		4.5	O 6-5-5	4.0 CR Sw7-CR2 5.0	
5.2	Medium to coarse sand with gravel. Light brown color	6.0	O 9-12-11	6 CR Sw7-CR3 6.5	5.5 LEF-2 6.0
6.9	Weakly gravelly medium sand. Brown color	7.5	O 7-12-14		
8.8	Medium sand with medium gravel. Brown color	9.0	O 4-8-9		
9.9	Medium to coarse sand, traces of gravel. Brown/beige color	10.5	O 5-8-11	11.0 CR Sw7-CR4 12.0	
		12.0	O 7-6-13		
12.5	Weakly sandy, clayey silt. Grey to dark grey color			12.6 CR Sw7-CR5 13.3	
13.4	Medium sand with medium gravel. Brown/beige color	15.0	O 9-8-11		
15.3	silty sandy medium gravel. Light brown color	16.5	O 14-18-10		
16.4	Weakly silty and weakly sandy medium gravel. Light brown color	18.0	C 16-34-27		
18.3	Gravelly sand with silt. Brown/ocher color	19.5	O 11-10-11	18.5 CR Sw7-CR6 19.5	

Scale 1:100 — Piezometer

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample
LEF=Lefranc permeability test
=Groundwater level (measurement date)
Stand pipe piezometer
Perforated plastic pipe

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 2/3

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Groundwater	Piezometer
21	20.2		Medium to coarse sand with gravel. Brown/ocher color					
	20.8		Weakly sandy silt and clay. Beige color			21.0		
22				21.5	O 4-8-18	CI Sw7-CI1 21.5		
	22.4		Fine to coarse sand. Ocher to beige color	22.5	O 5-4-9			
23								
24				24.0	O 6-21-35	24.0		
25						CR Sw7-CR7 25.0		
26				25.5	O 5-7-25			
27				27.0	O 10-23-29			
28								
29				28.5	O 9-9-12			
	29.0		Very fine sand with silt. Light grey color					
30	b.b.			30.0	O 4-10-19			

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 3/3

Photographic report

Sw7 0-5 m

Sw7 5-10 m

Sw710-15 m

Sw7 15-20 m

Sw7 20-25 m

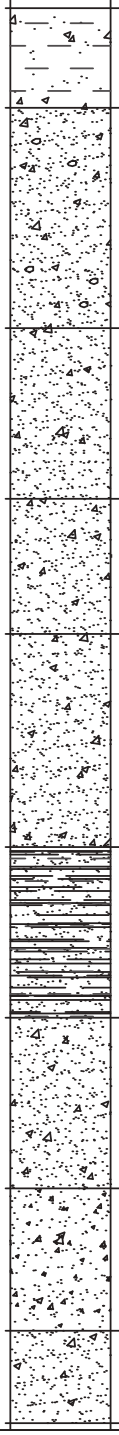
Sw7 25-30 m

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Pz4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 09/01/24 - 12/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/3

Scale 1:100

Stratigraphy



Depth	Description
0.0	Weakly gravelly sandy silt / silty sand. Roots residue. Brown color.
1.4	Light brown/grey weakly pebbly and weakly silty gravel with medium to coarse sand.
4.5	Medium to coarse sand with gravel. Grey/brown color
6.9	Gravelly fine to medium sand. Brown/grey color
8.8	Medium to coarse sand with gravel. Brown/grey color
11.8	Weakly sandy, clayey silt. Grey to dark grey color
14.2	Medium to coarse sand with gravel. Ocher color
16.6	Weakly silty and sandy gravel. Grey/ brown color
18.6	Weakly silty coarse sand with gravel. Brown/grey color
19.9	

S.P.T. depth	S.P.T. value
1.5	O 1-2-2
3.0	O 7-9-5
4.5	O 5-7-9
6.0	O 4-8-12
7.5	O 4-3-4
9.0	O 7-5-8
10.5	O 4-5-9
14.0	C 7-37-32
15.0	O 11-6-6
16.5	O 15-14-18
18.0	C 7-22-21
19.5	O 8-9-5

Samples	Lefranc	Piezometer
1.5	1.0 LEF-1 1.5	1.63 18/1/24
CR Pz4-CR1 2.5		
5.0		
CR Pz4-CR2 6.0		
9.0		
CR Pz4-CR3 10.0		
13.5		
CI Pz4-CI1 14.0		
15.5		
CR Pz4-CR4 16.5		

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample
LEF=Lefranc permeability test
=Groundwater level (measurement date)
Stand pipe piezometer
Perforated plastic pipe

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Pz4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 09/01/24 - 12/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 2/3

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Groundwater	Piezometer
21	21.0		Gravelly sand with silt. Brown/grey color	21.0	O 4-5-5	21.4		
	21.4		Silty medium to coarse sand. Reddish-ocher color			CR Pz4-CR5		
22	21.8		Light grey silt and clay. Reddish-ocher mottles			21.8		
	22.4		Weakly silty fine sand. Beige/ocher color	22.5	O 6-8-16			
23			Fine to medium sand. Ocher to beige color					
24				24.0	C 11-18-33			
25						25.0		
26				25.5	C 15-29-44	CR Pz4-CR6		
						26.0		
27				27.0	O 4-5-15			
28								
29	28.6		Silt with fine sand. Beige color	28.5	O 4-10-17			
30	b.b.			30.0	O 3-8-14			

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Pz4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 09/01/24 - 12/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 3/3

Photographic report

Pz4 0-5 m

Pz4 5-10 m

Pz4 10-15 m

Pz4 15-20 m

Pz4 20-25 m

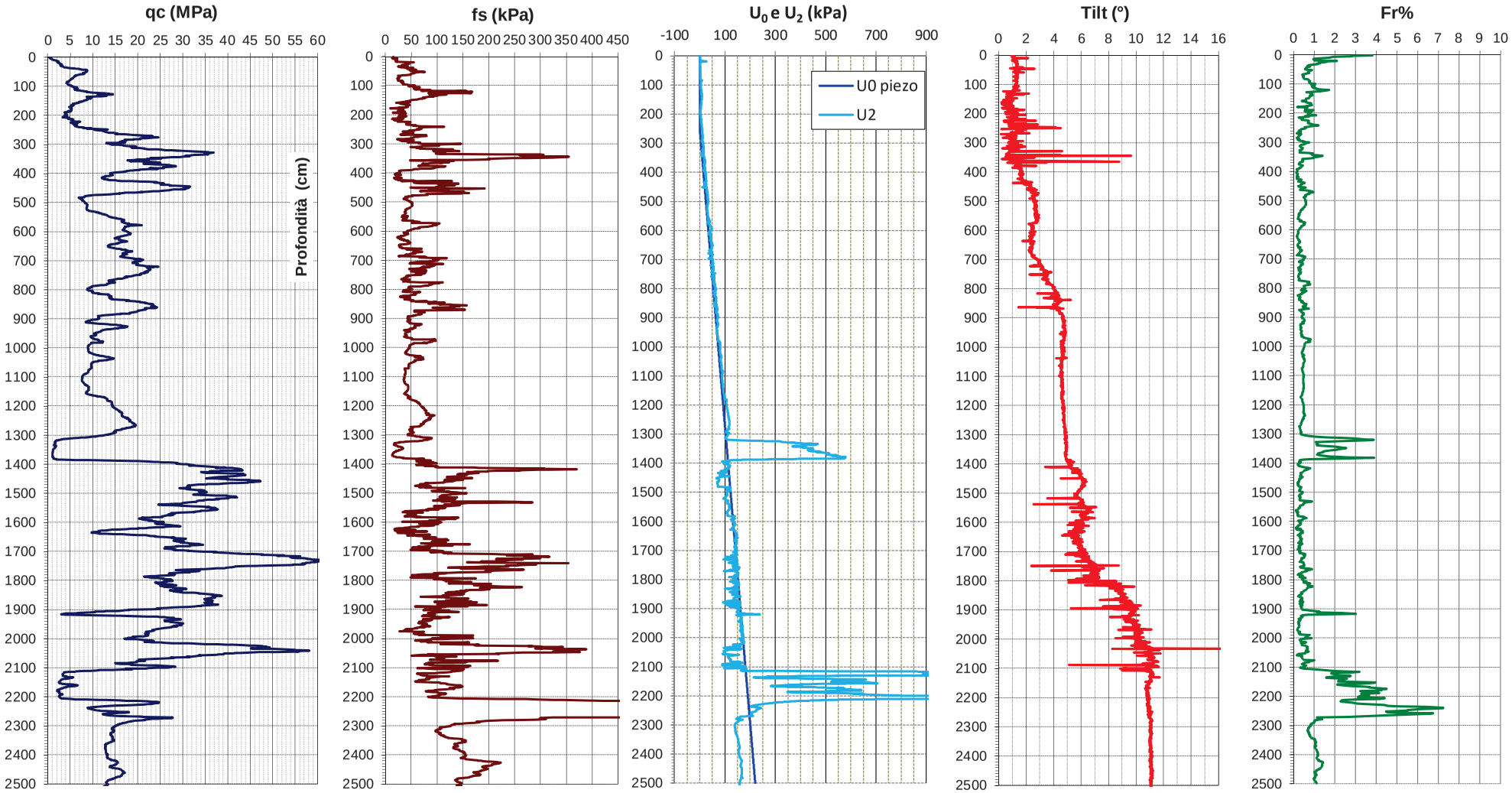
Pz4 25-30 m

S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 1	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

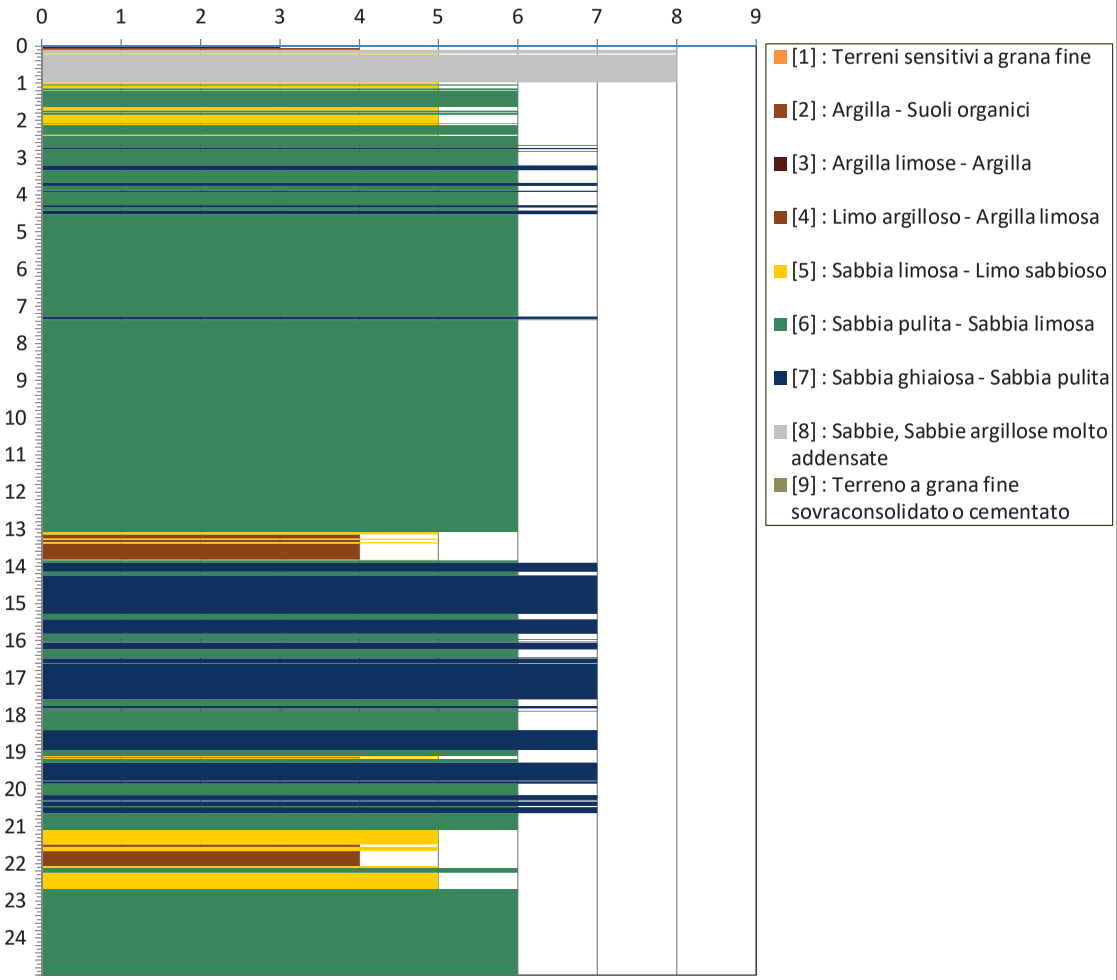


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

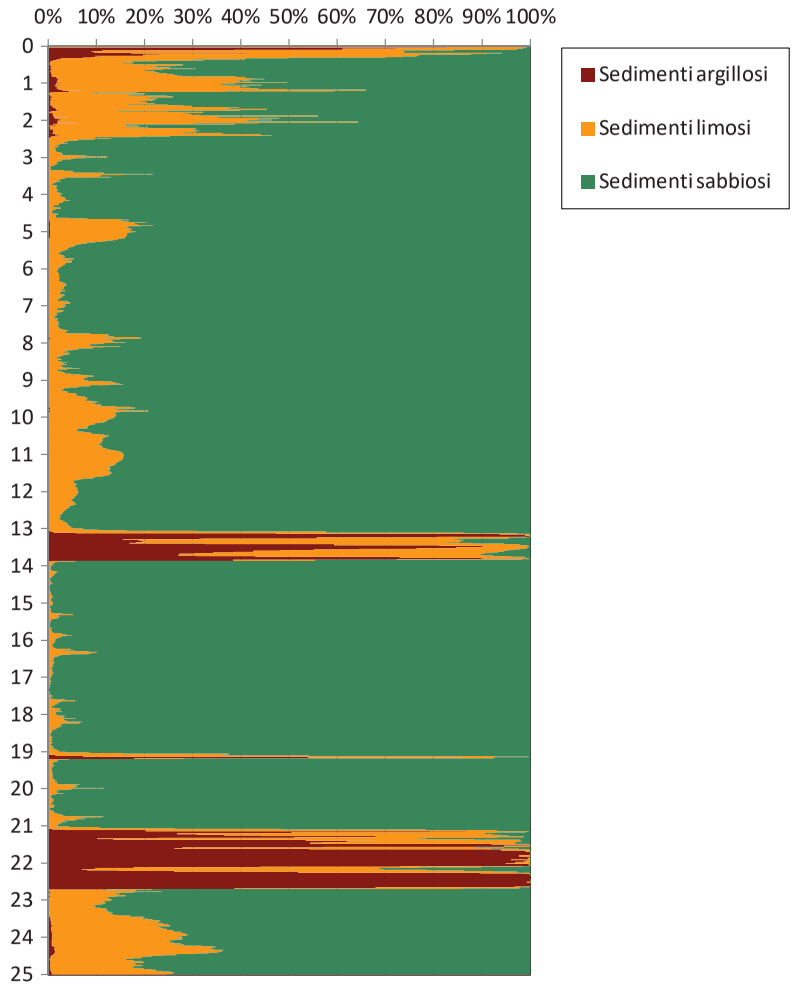
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 1	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

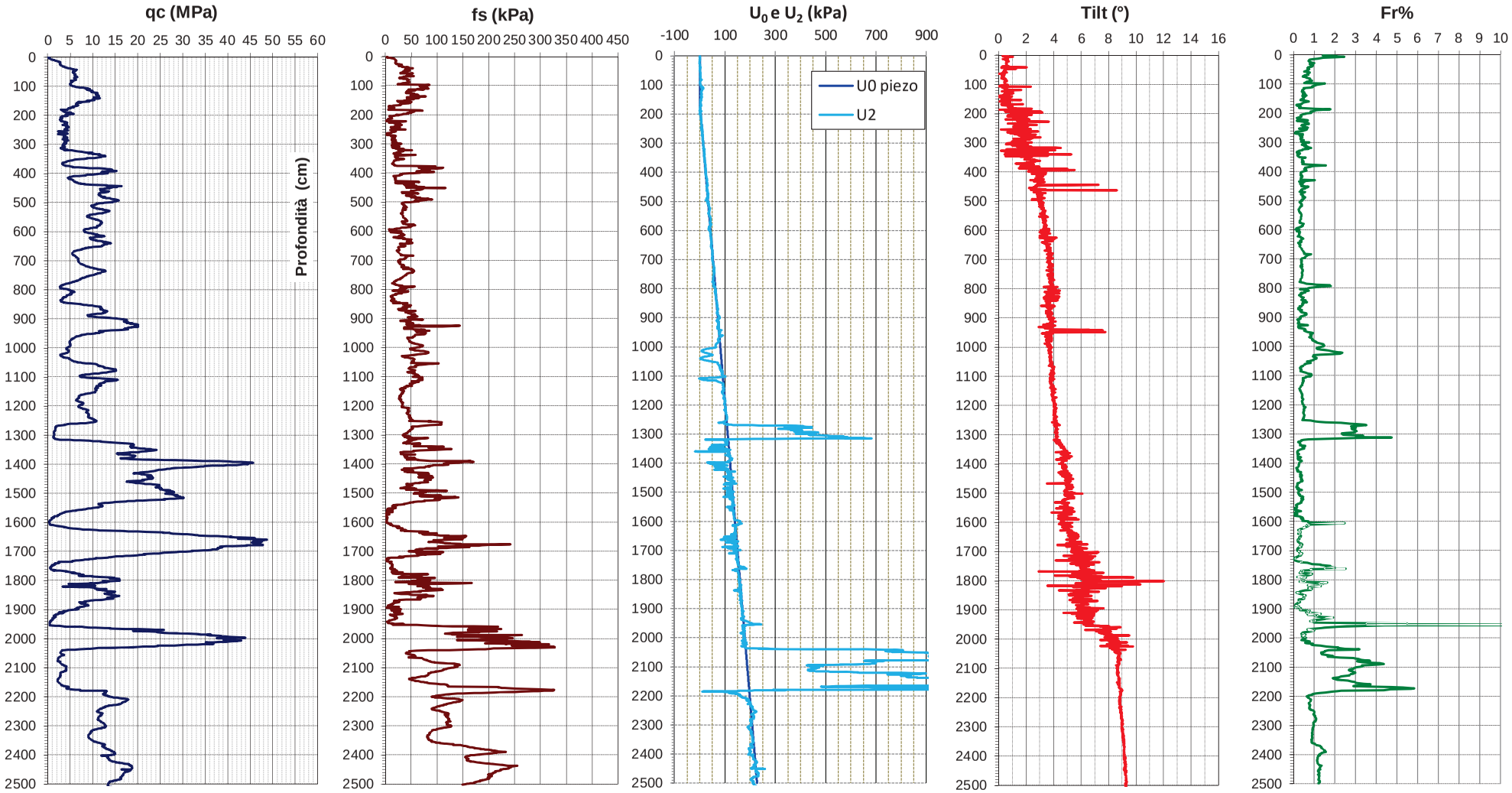


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 2	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	



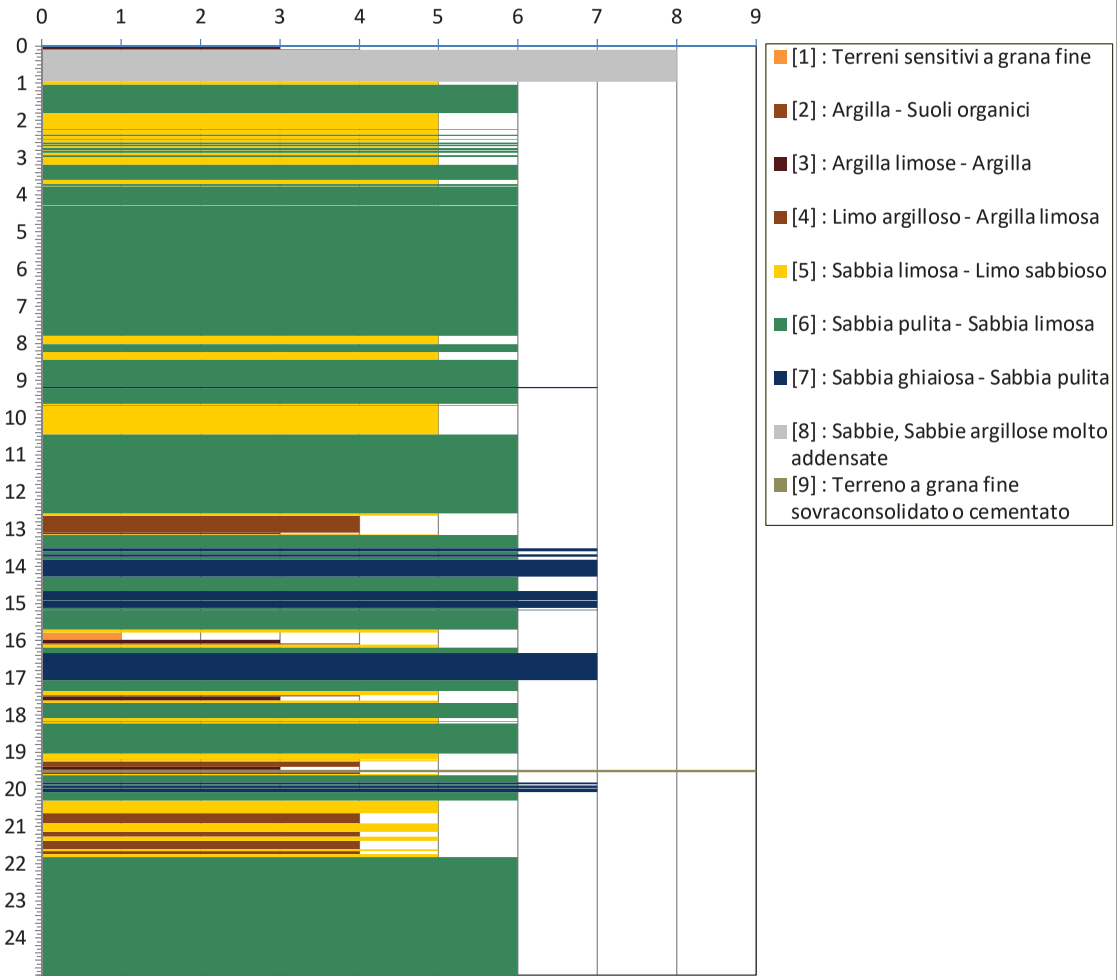
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

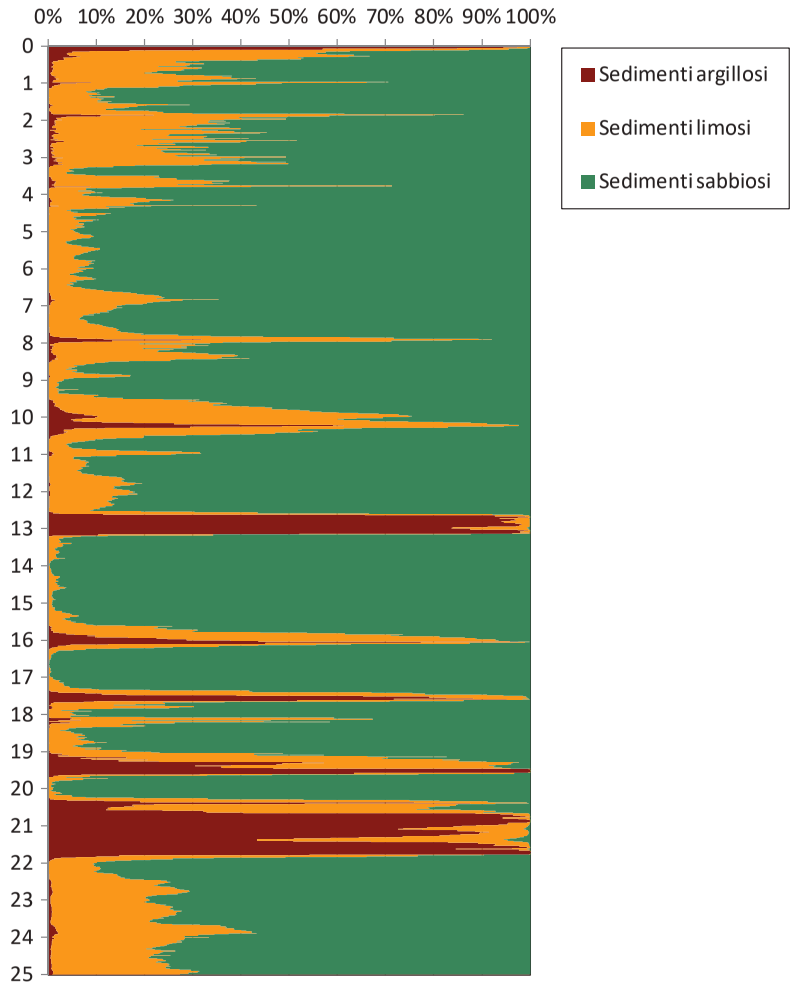
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 2	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

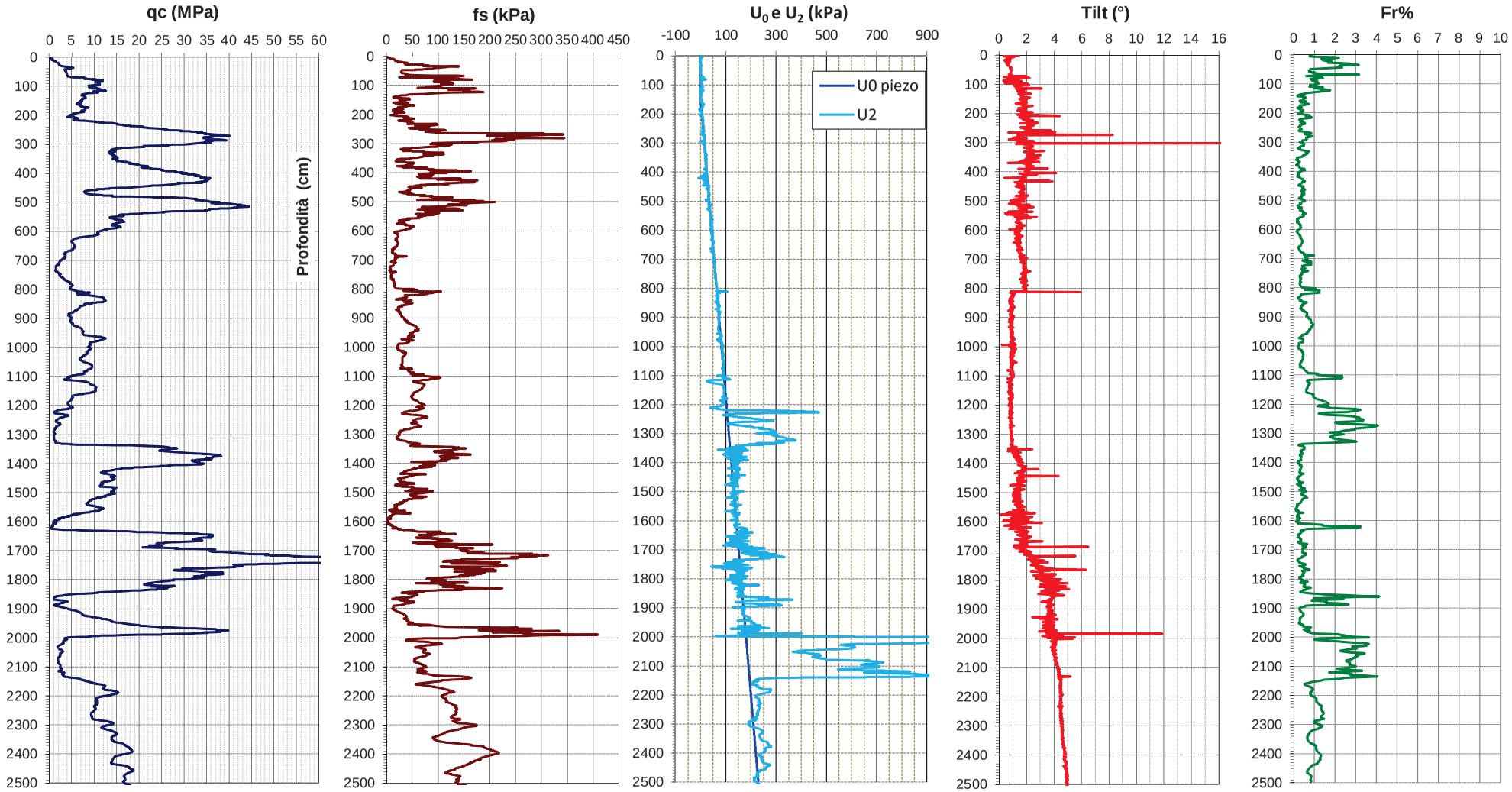


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 3	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

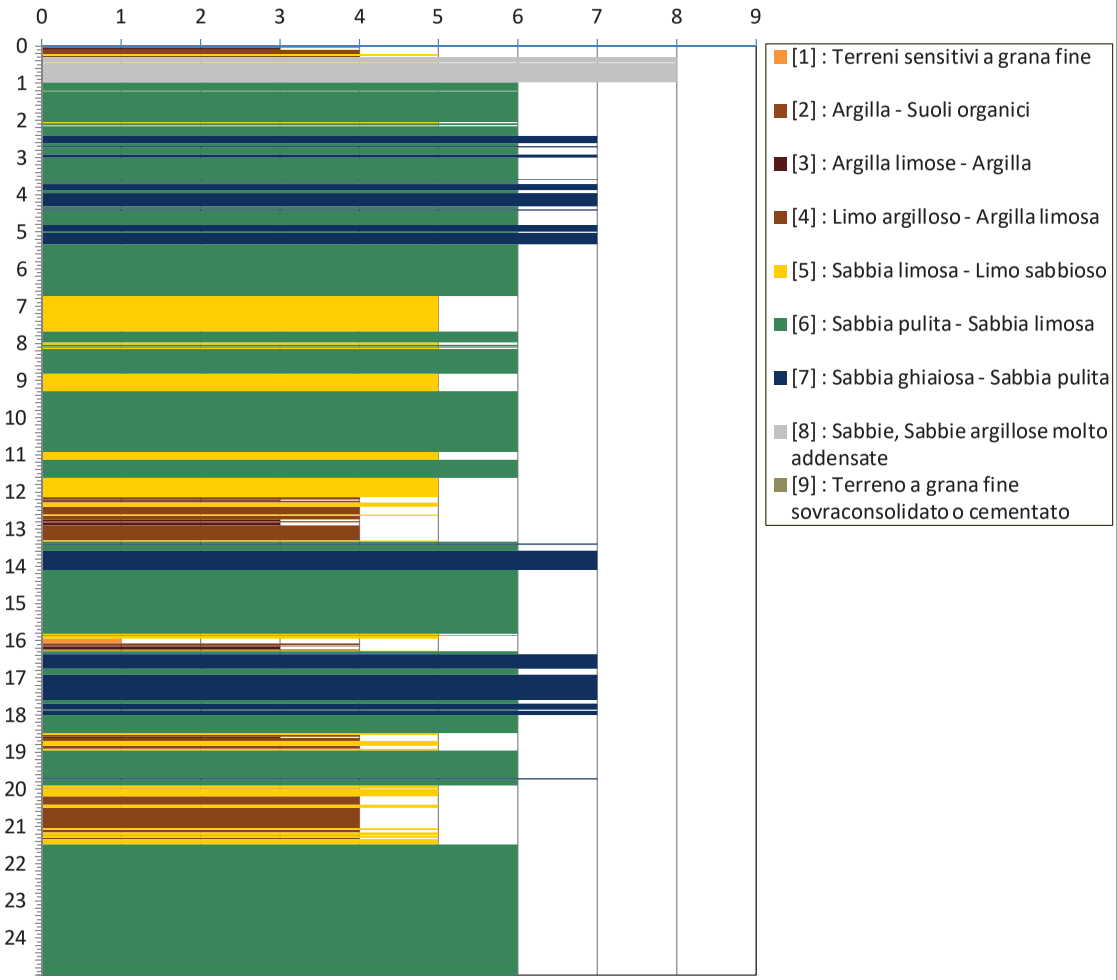


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

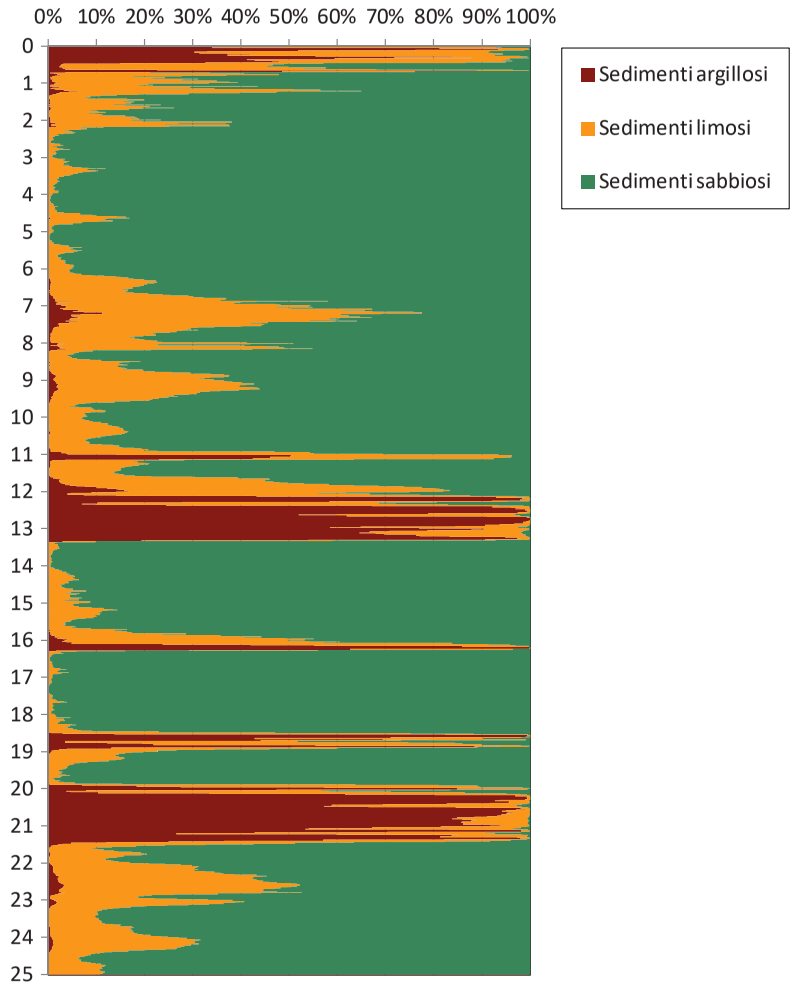
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 3	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

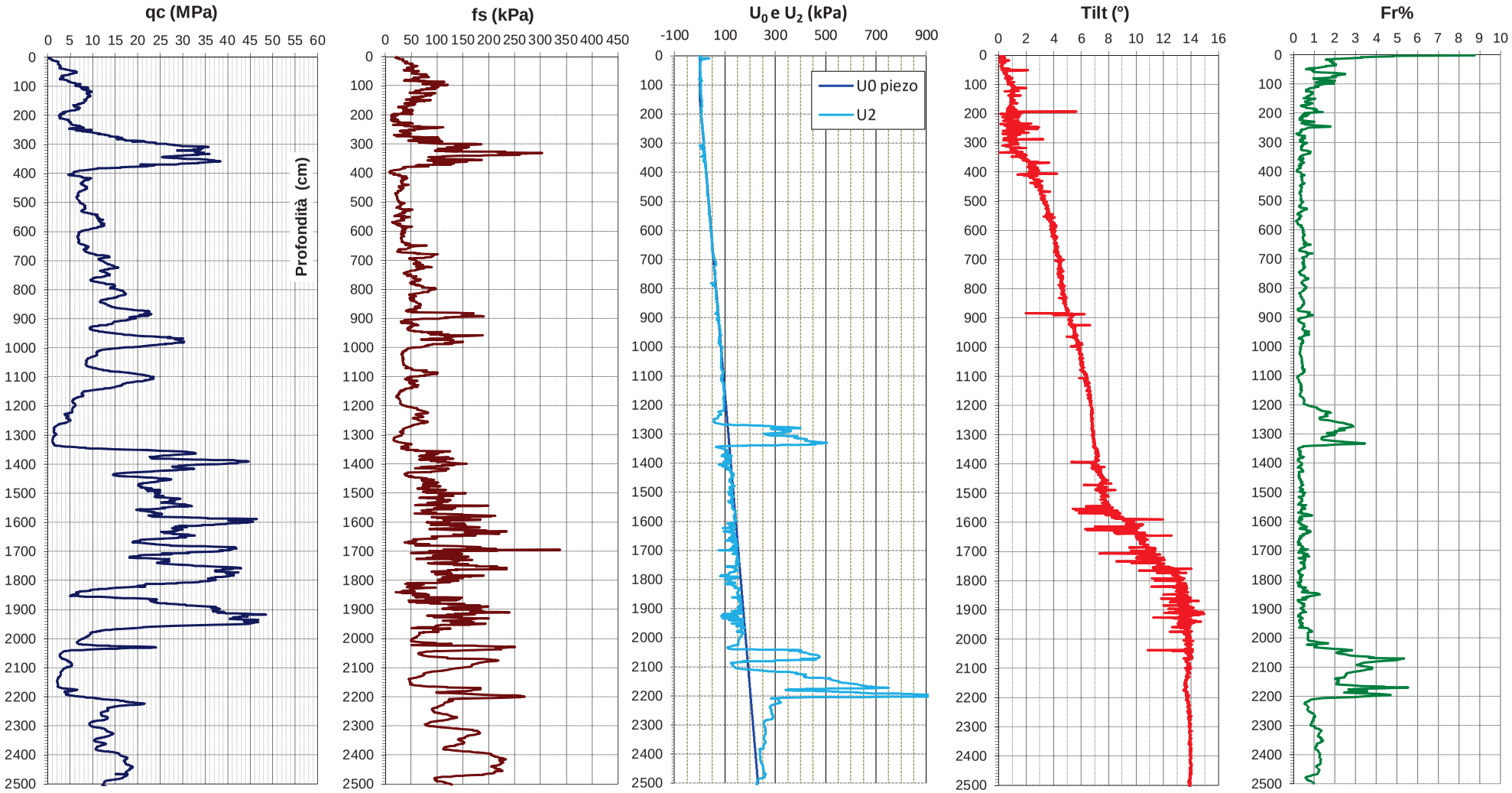


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 4	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.50	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

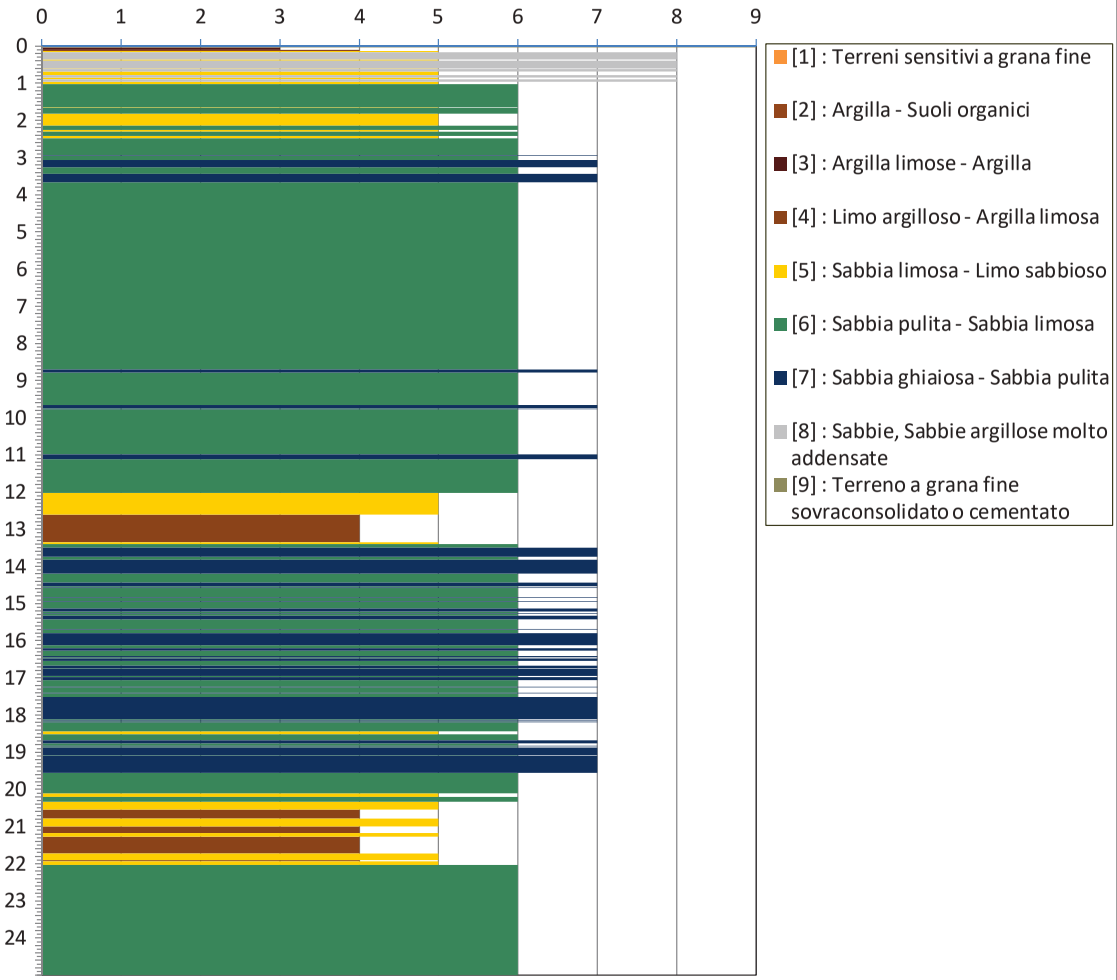


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

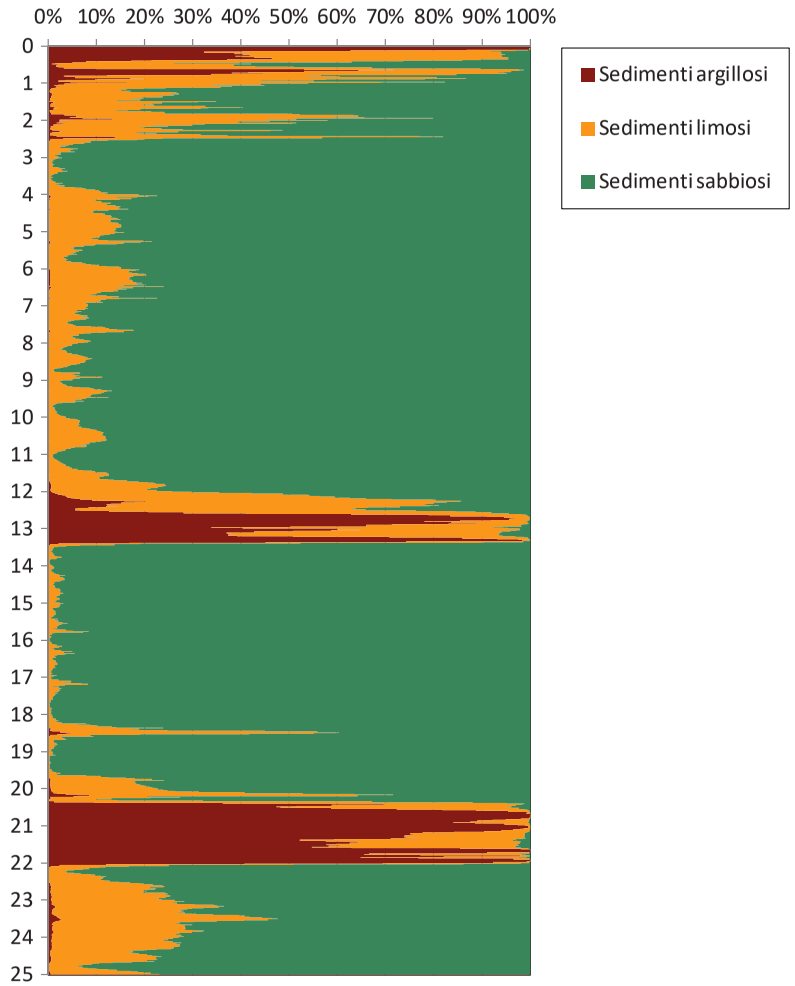
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 4	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.50	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

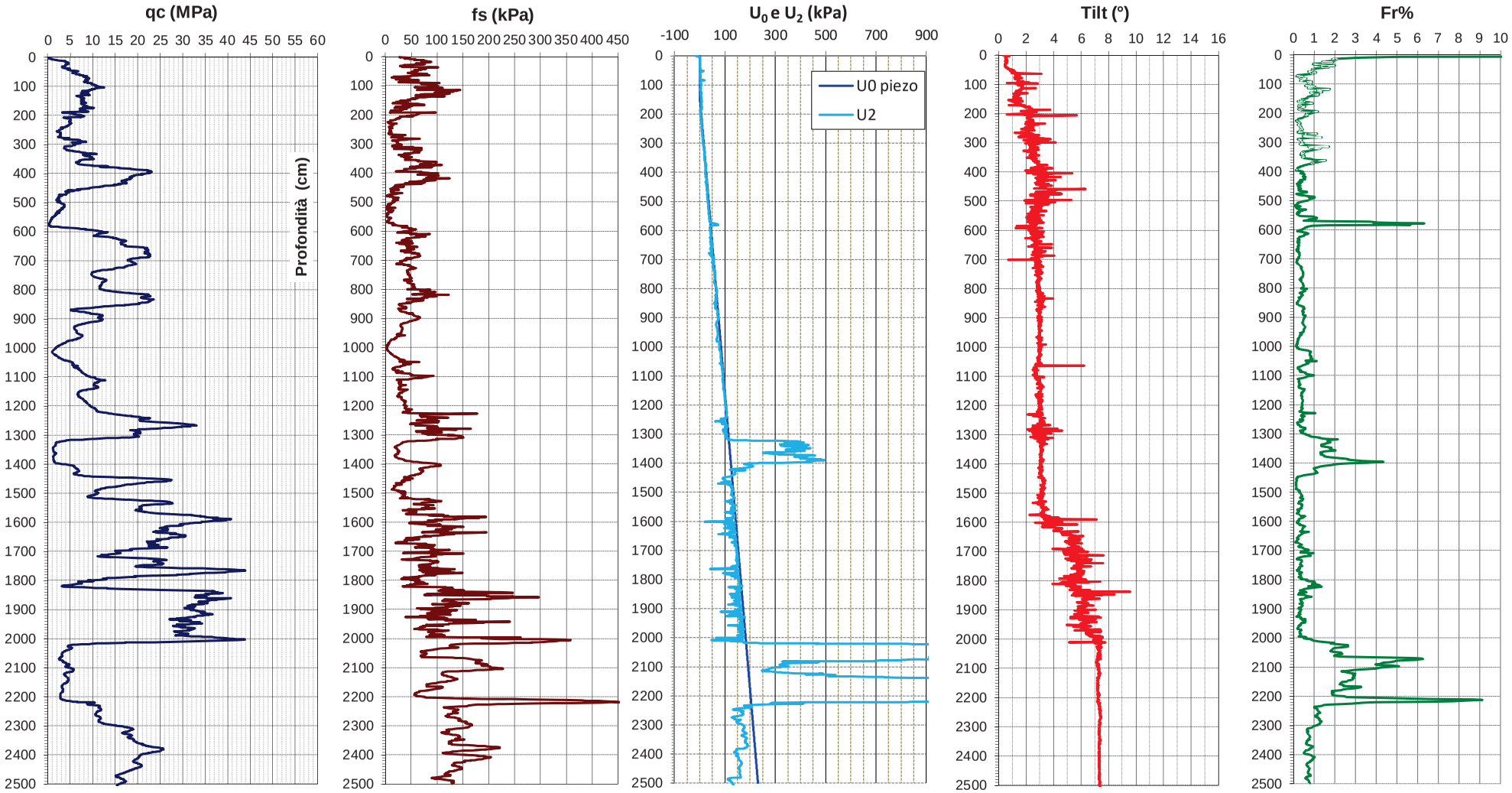


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 5	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.50	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

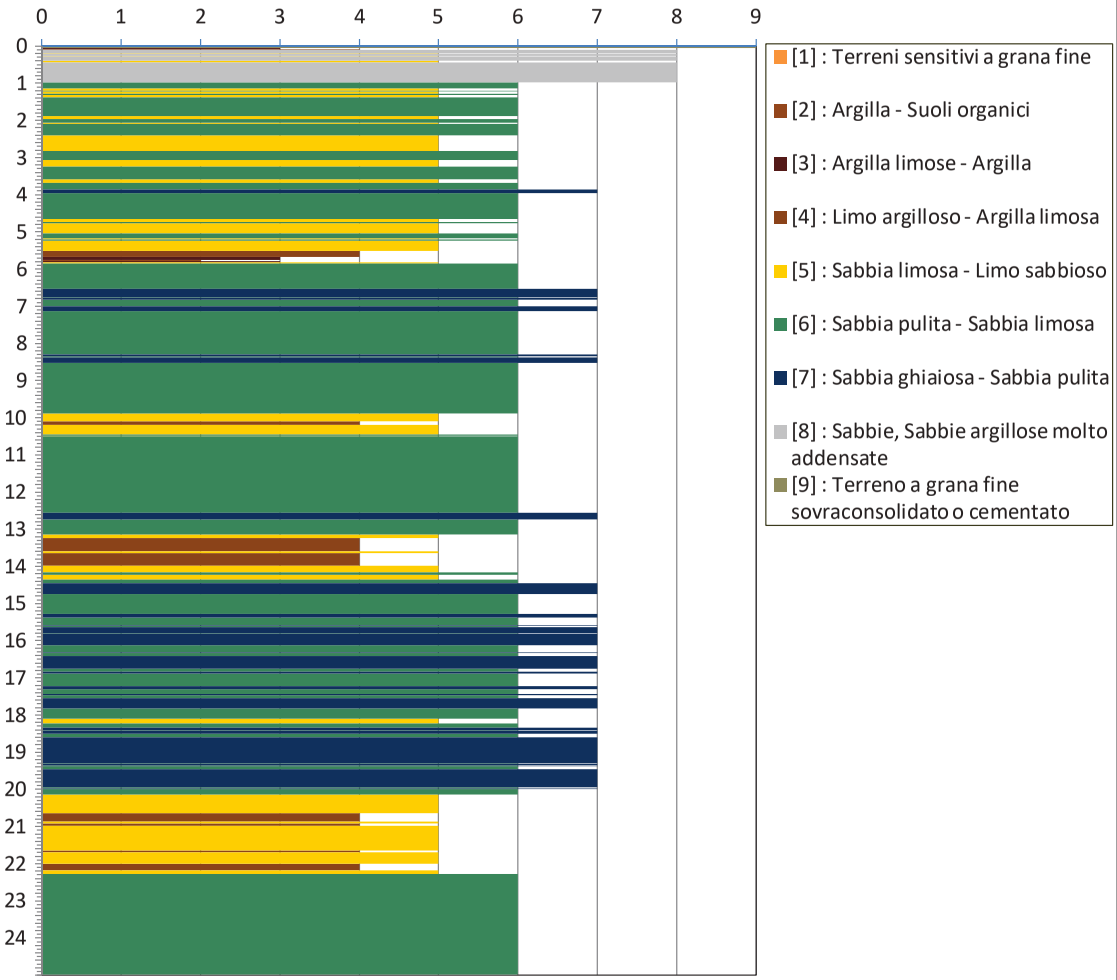


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

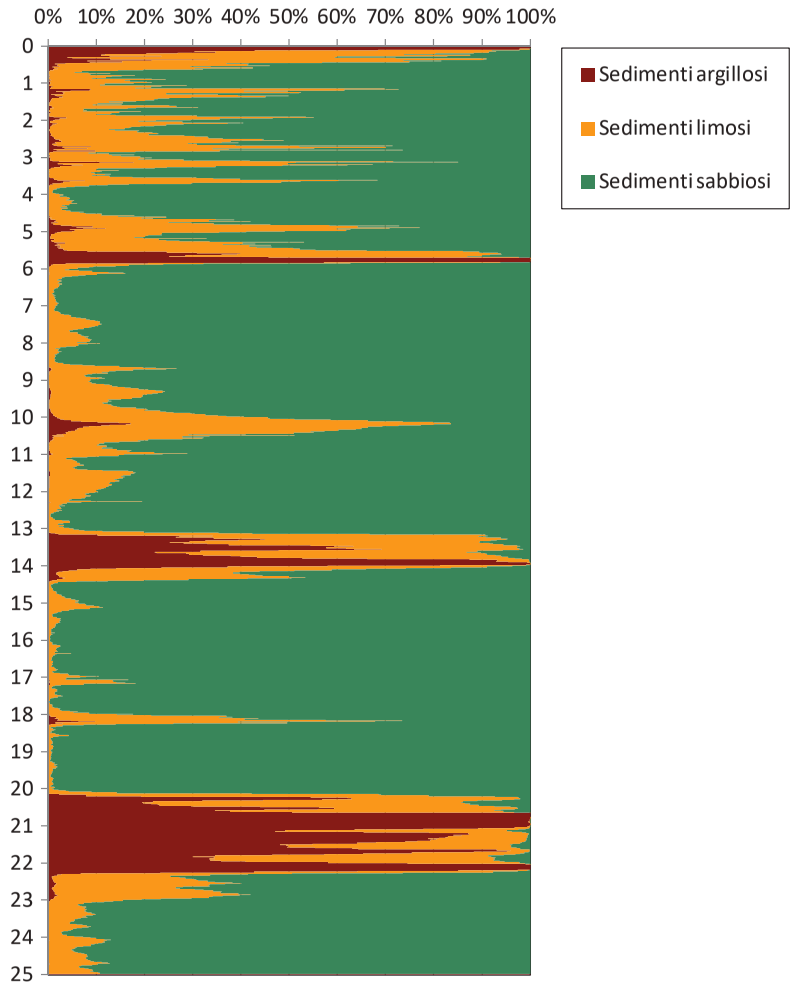
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 5	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.50	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

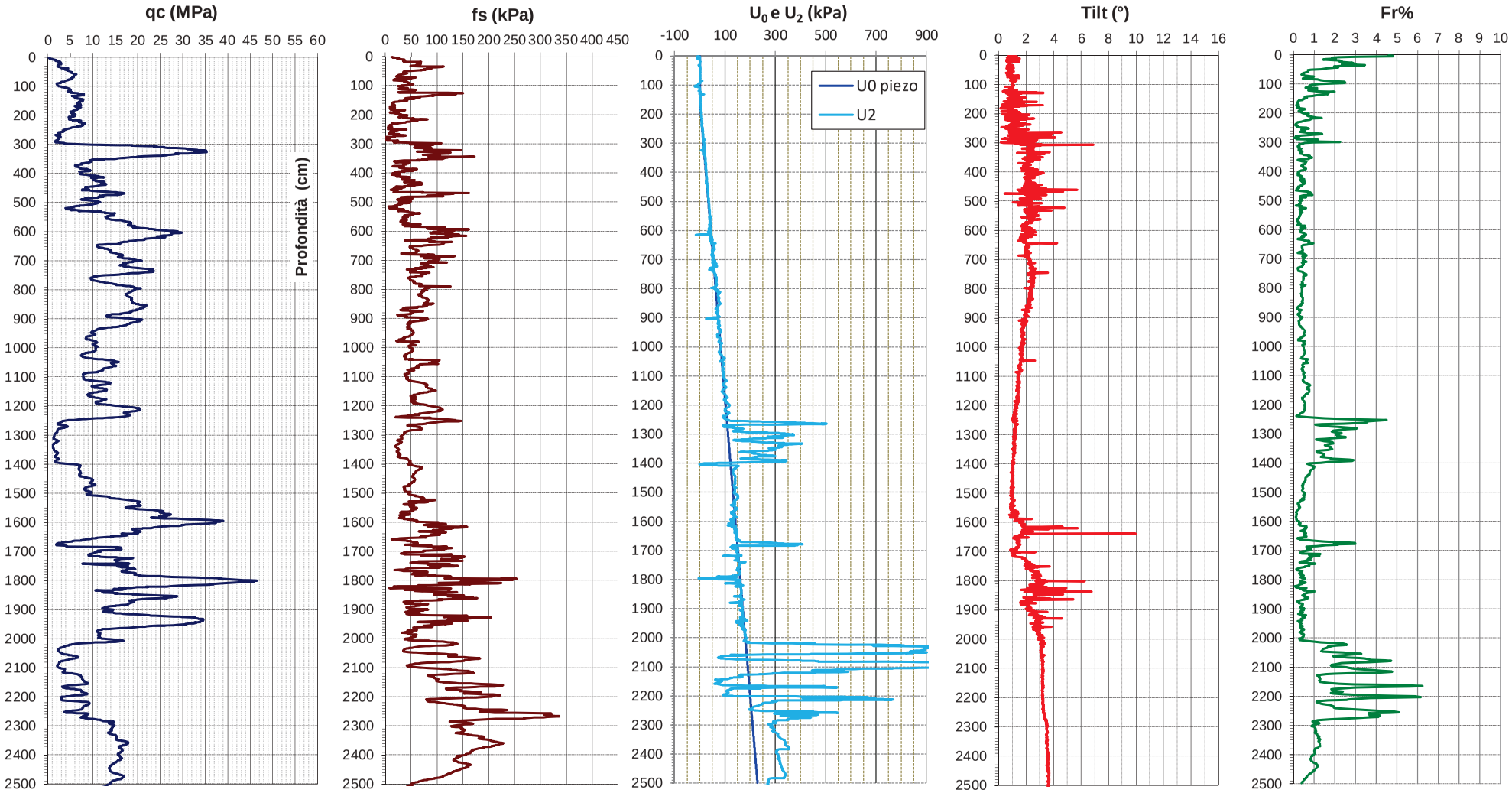


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 6	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

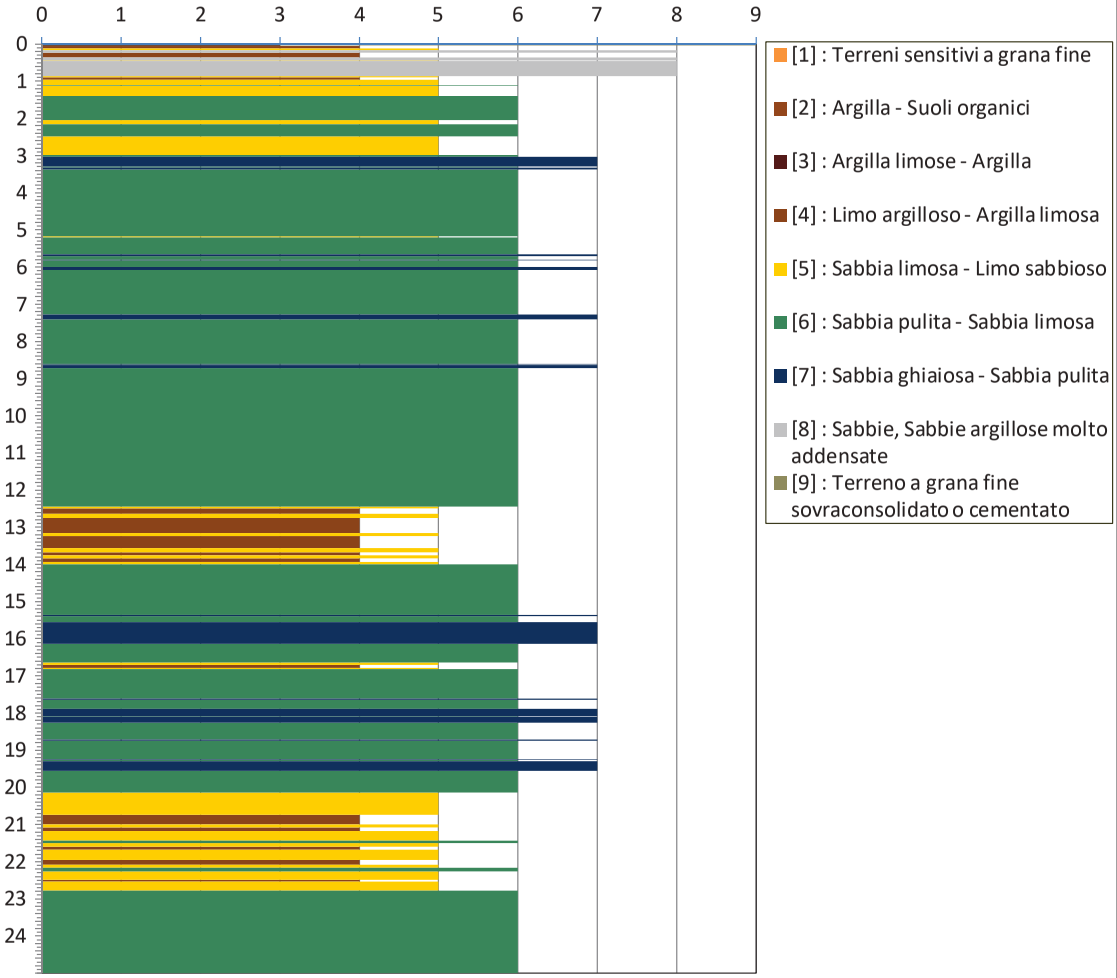


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

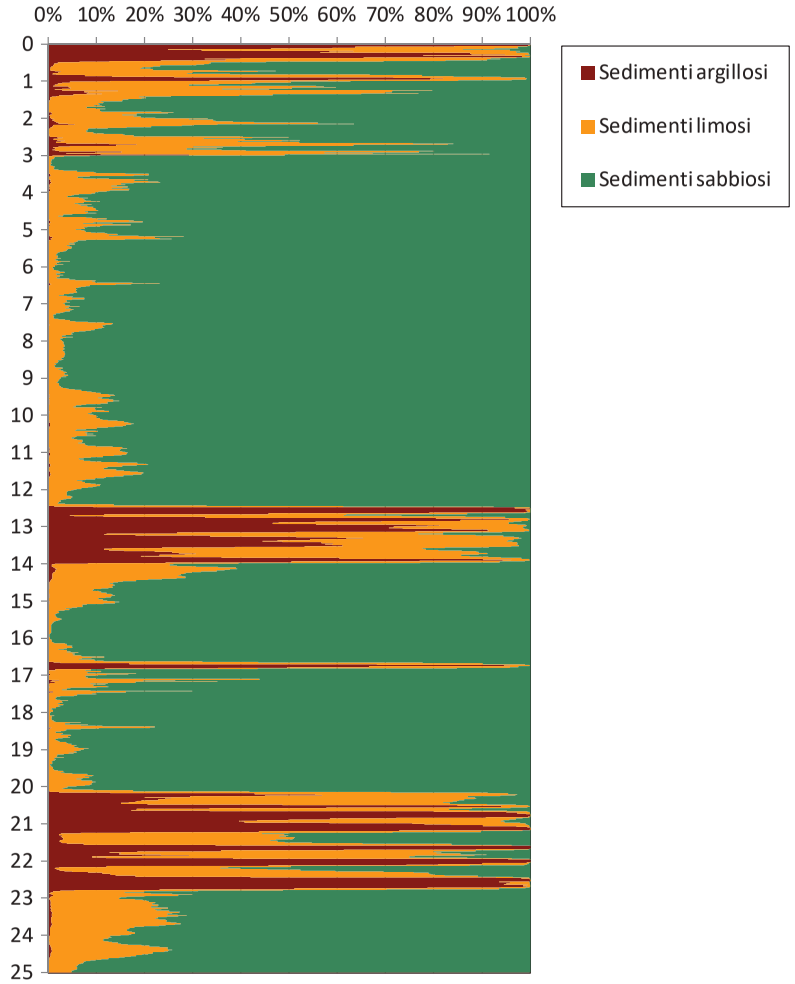
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 6	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

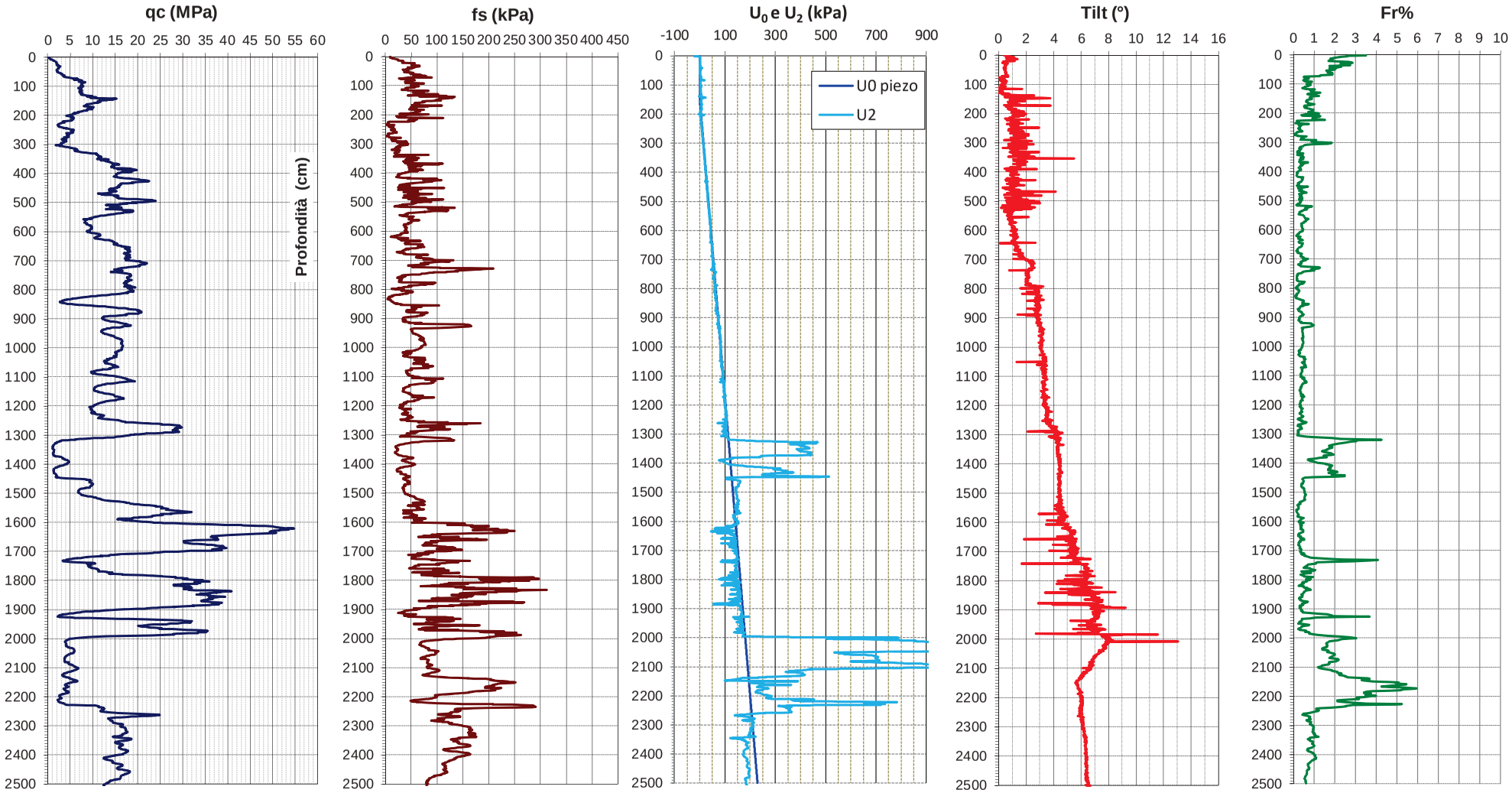


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 7	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

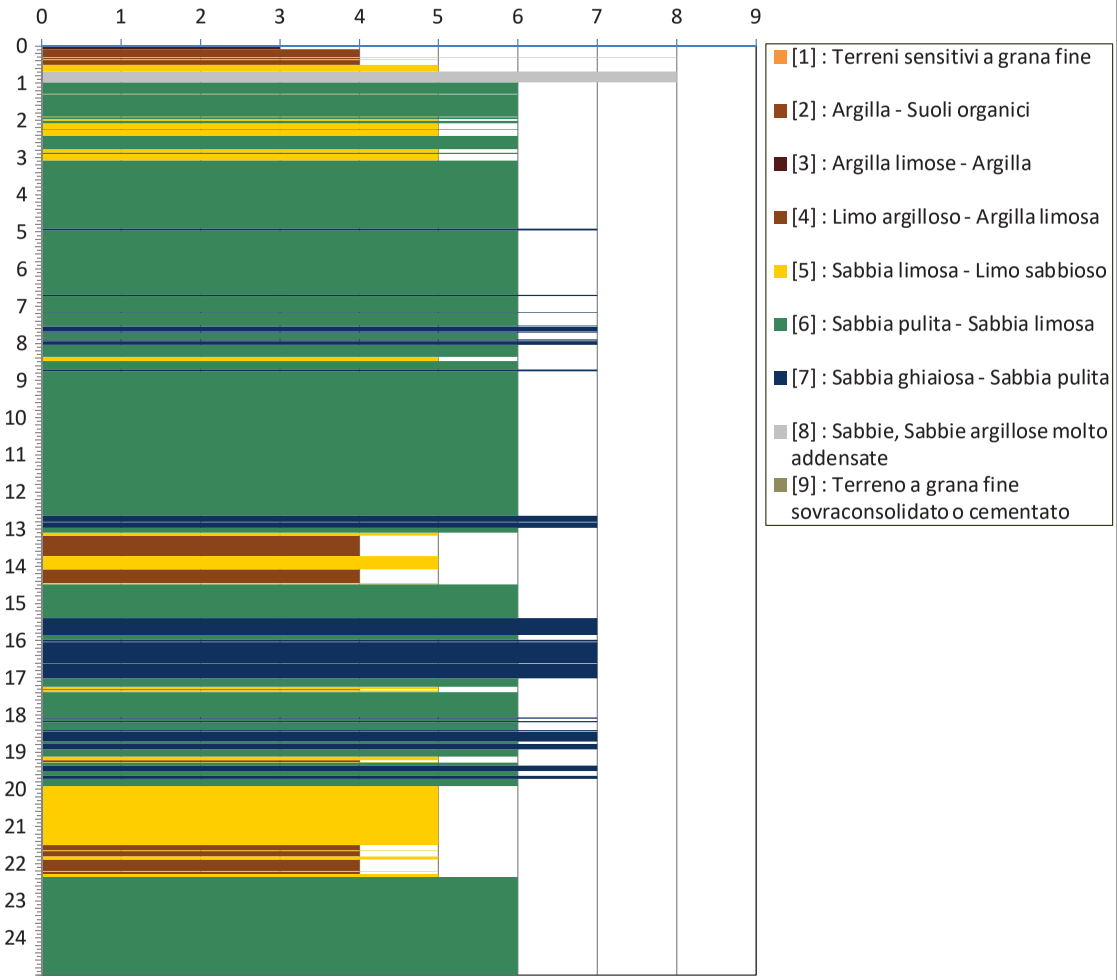


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

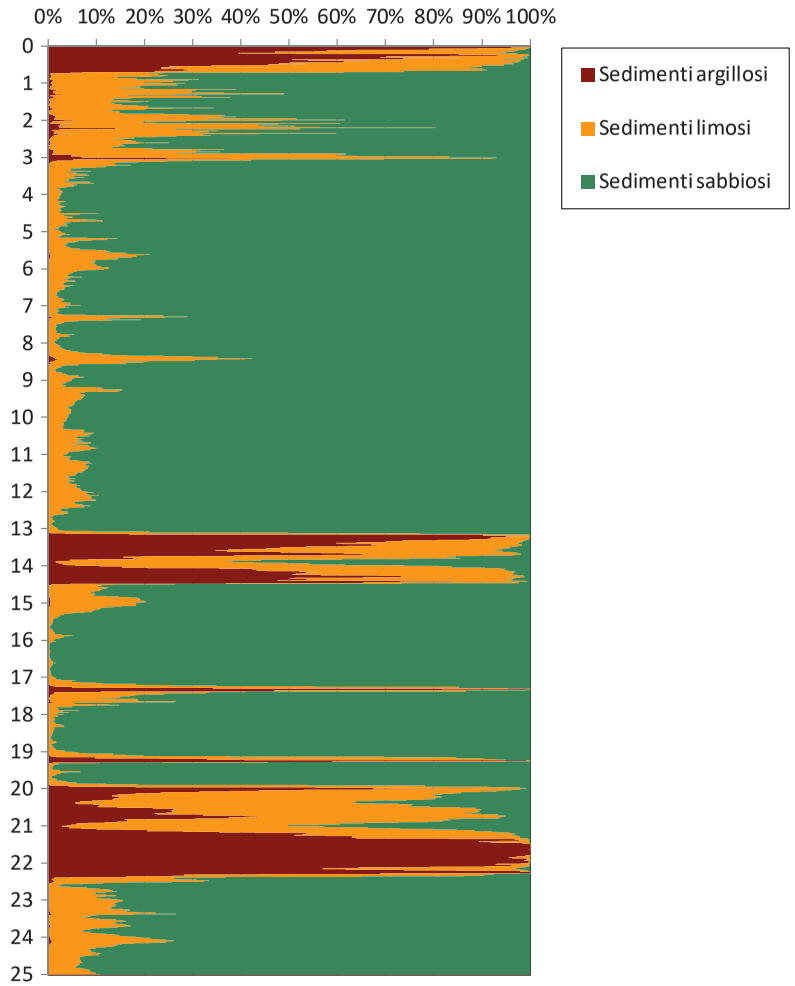
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 7	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

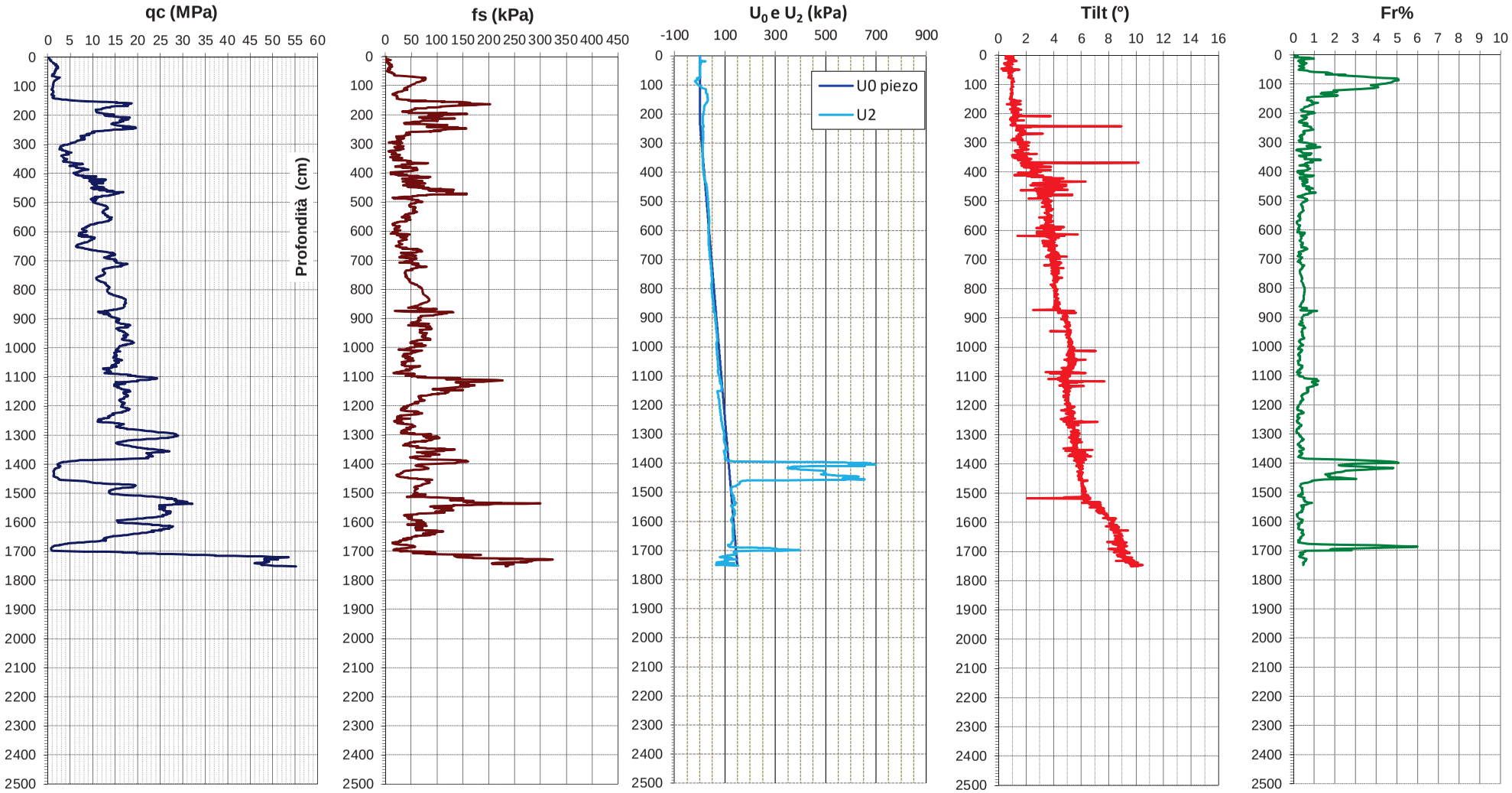


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 8	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.30	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

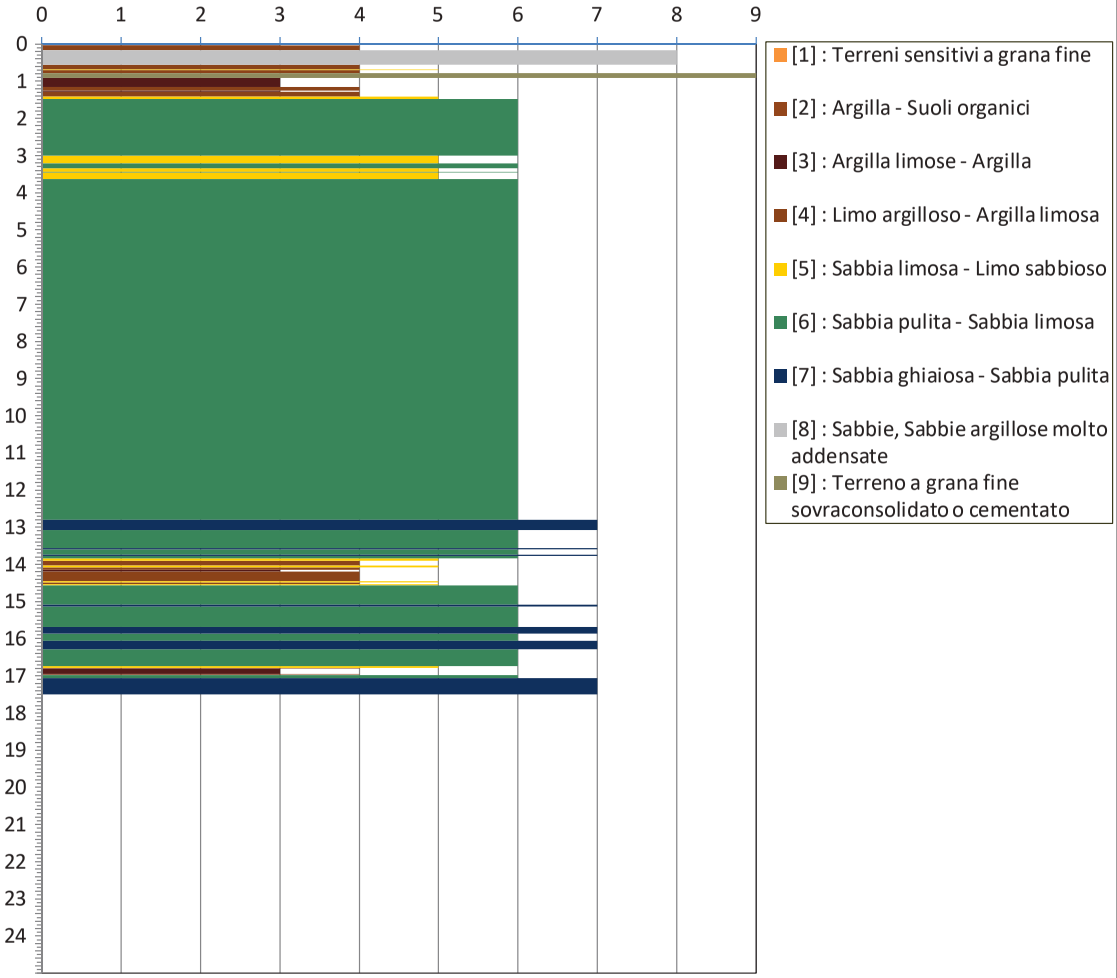


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

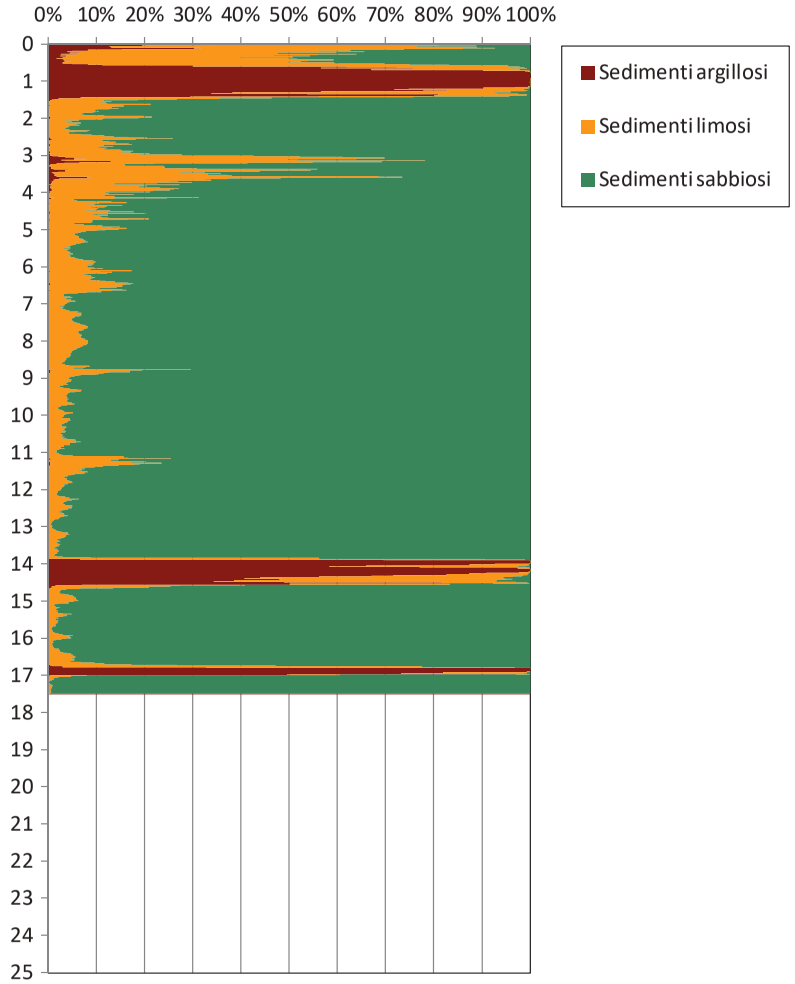
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 8	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.30	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

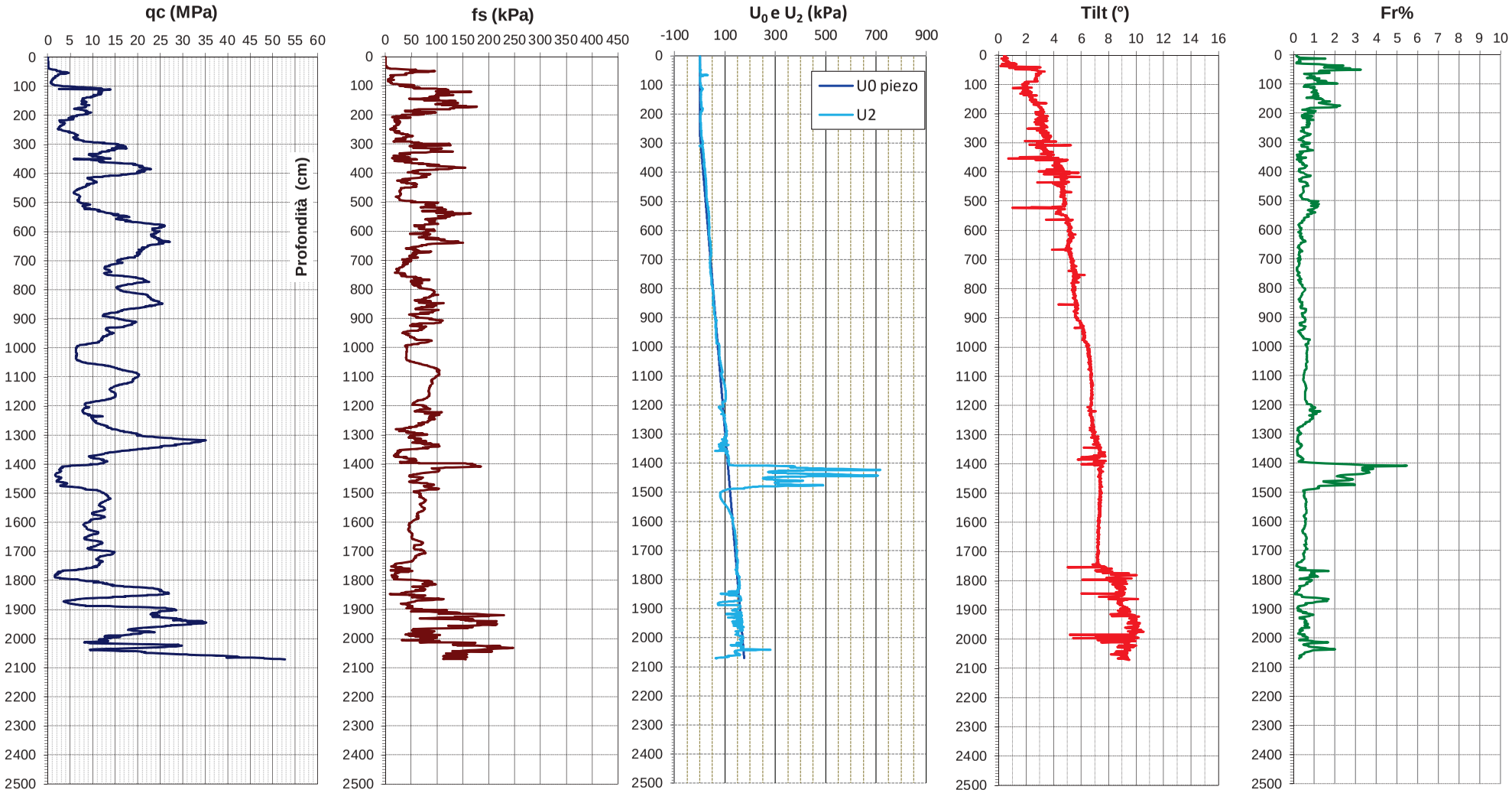


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 9	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	



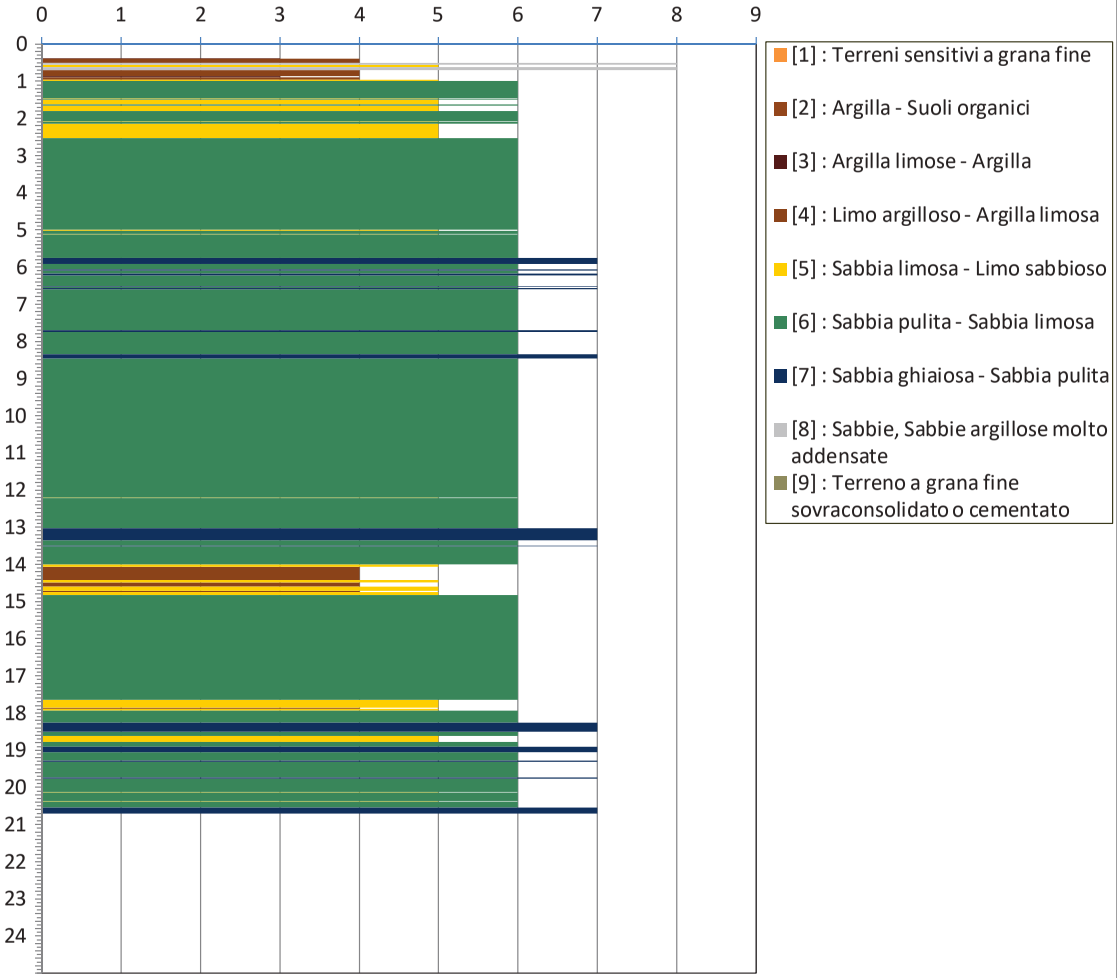
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

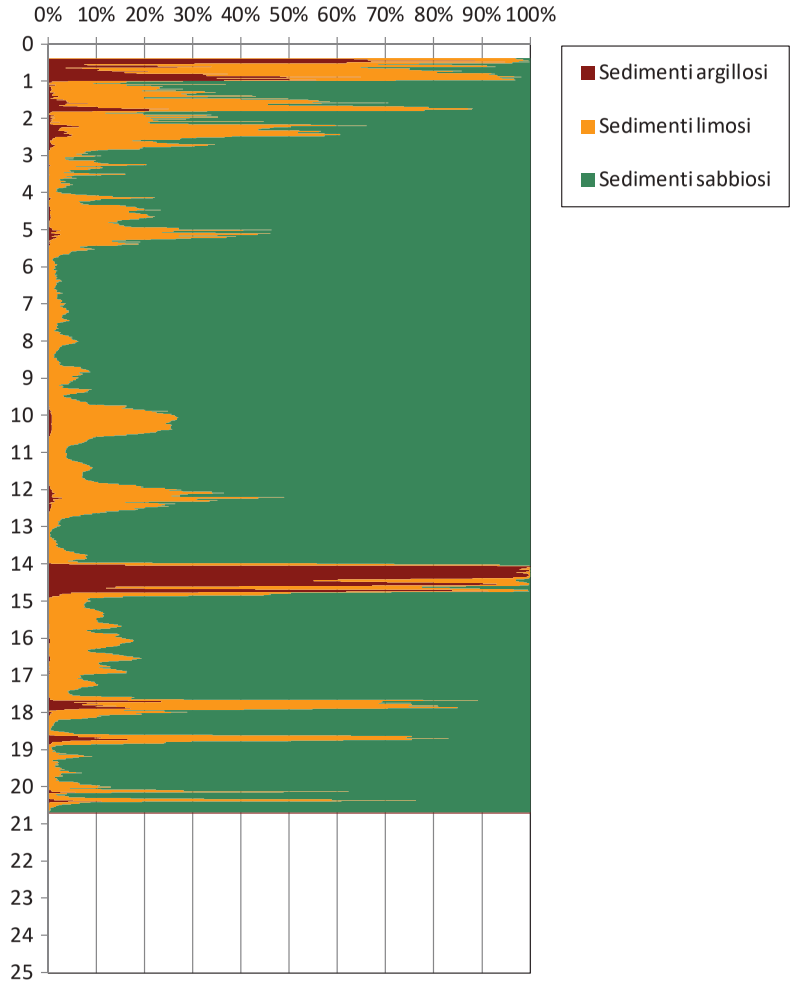
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 9	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

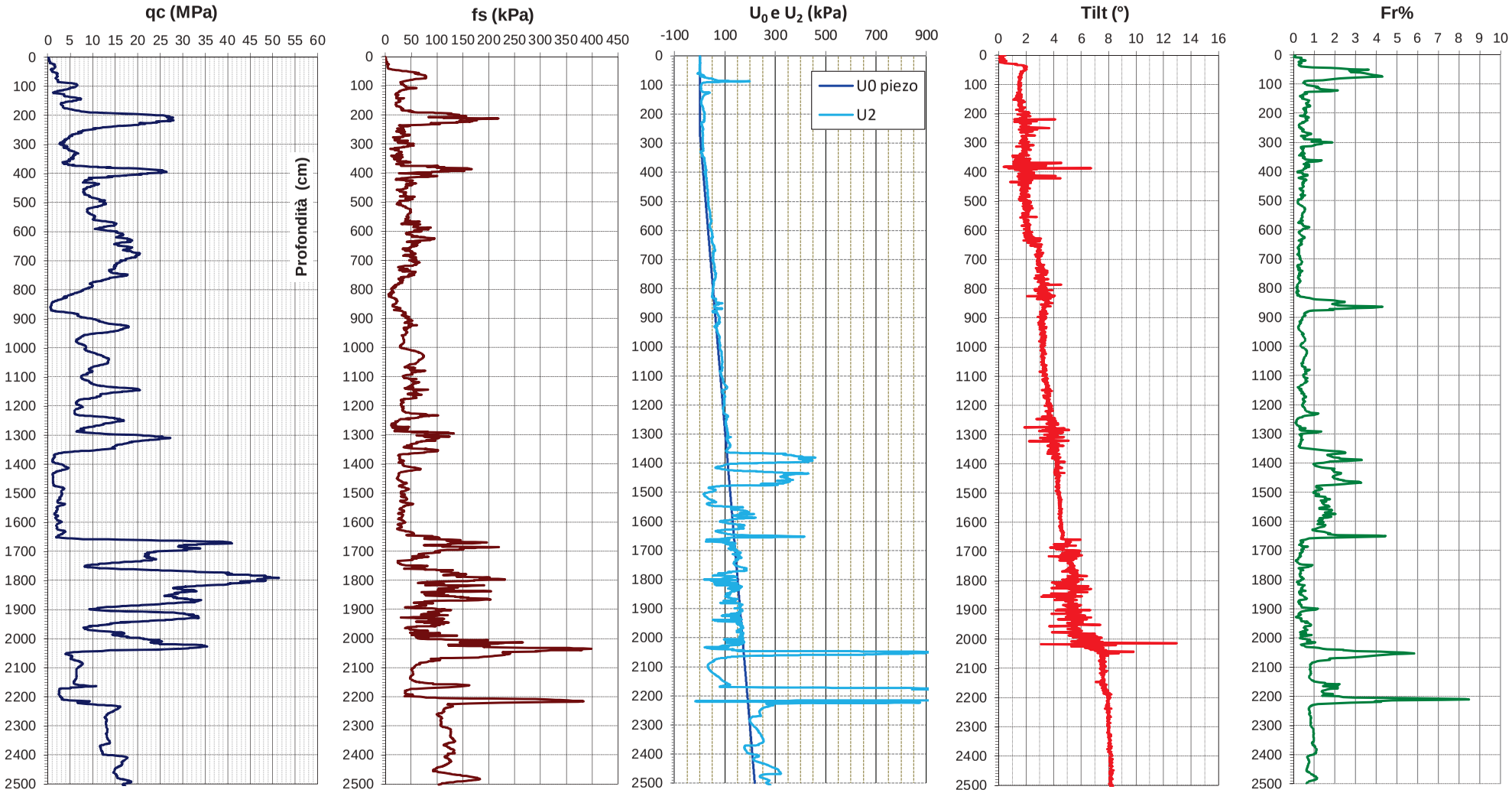


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 10	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	



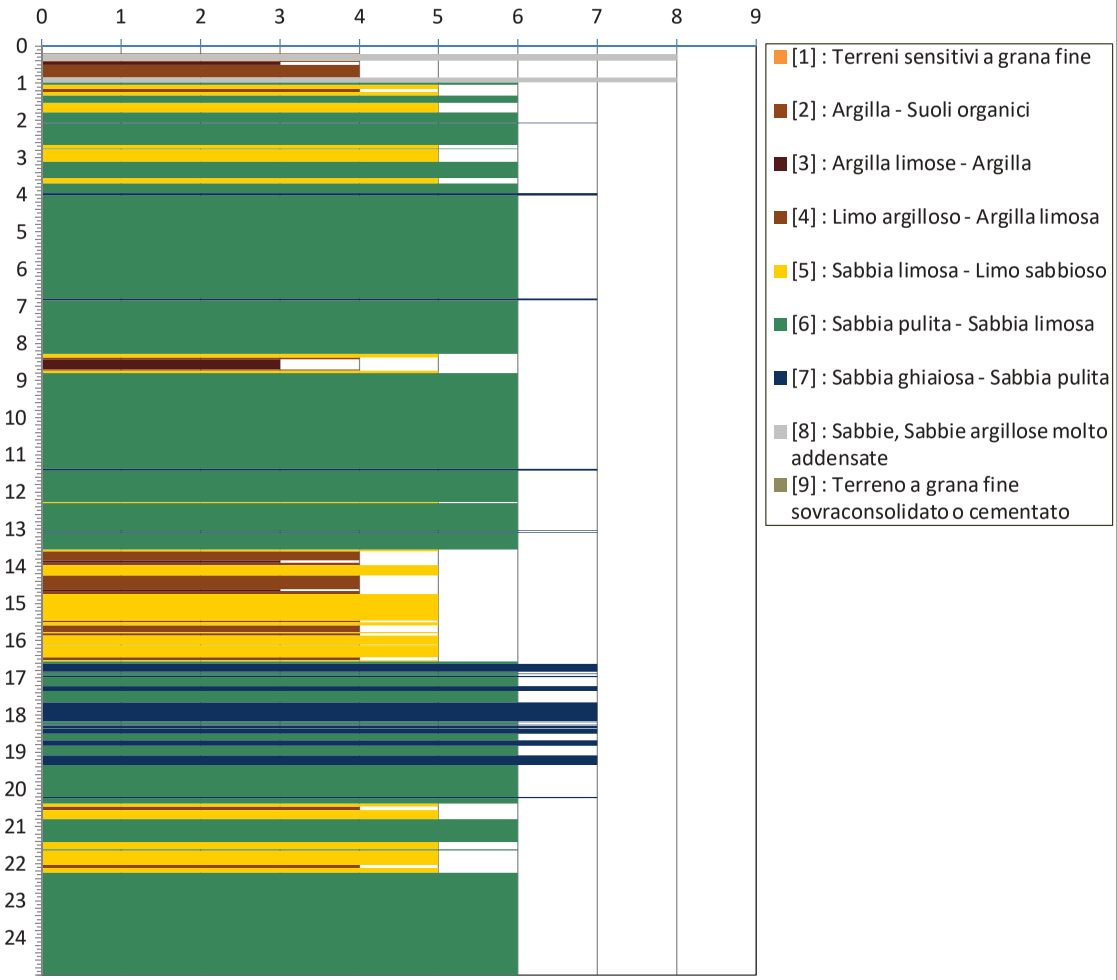
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

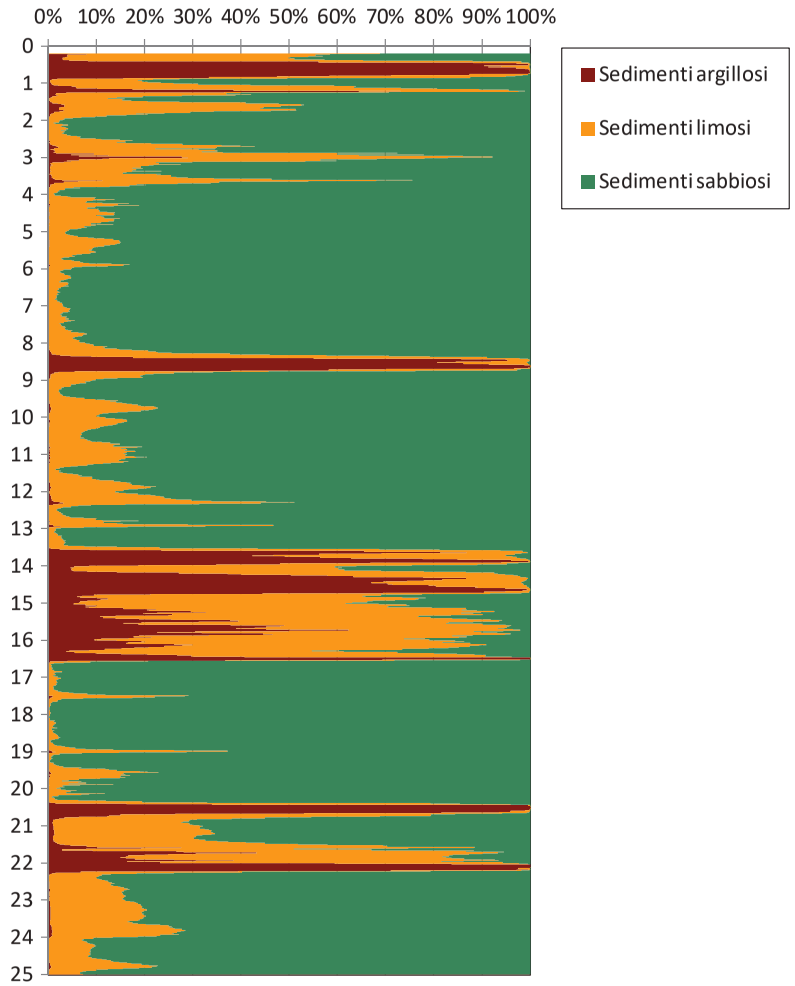
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 10	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

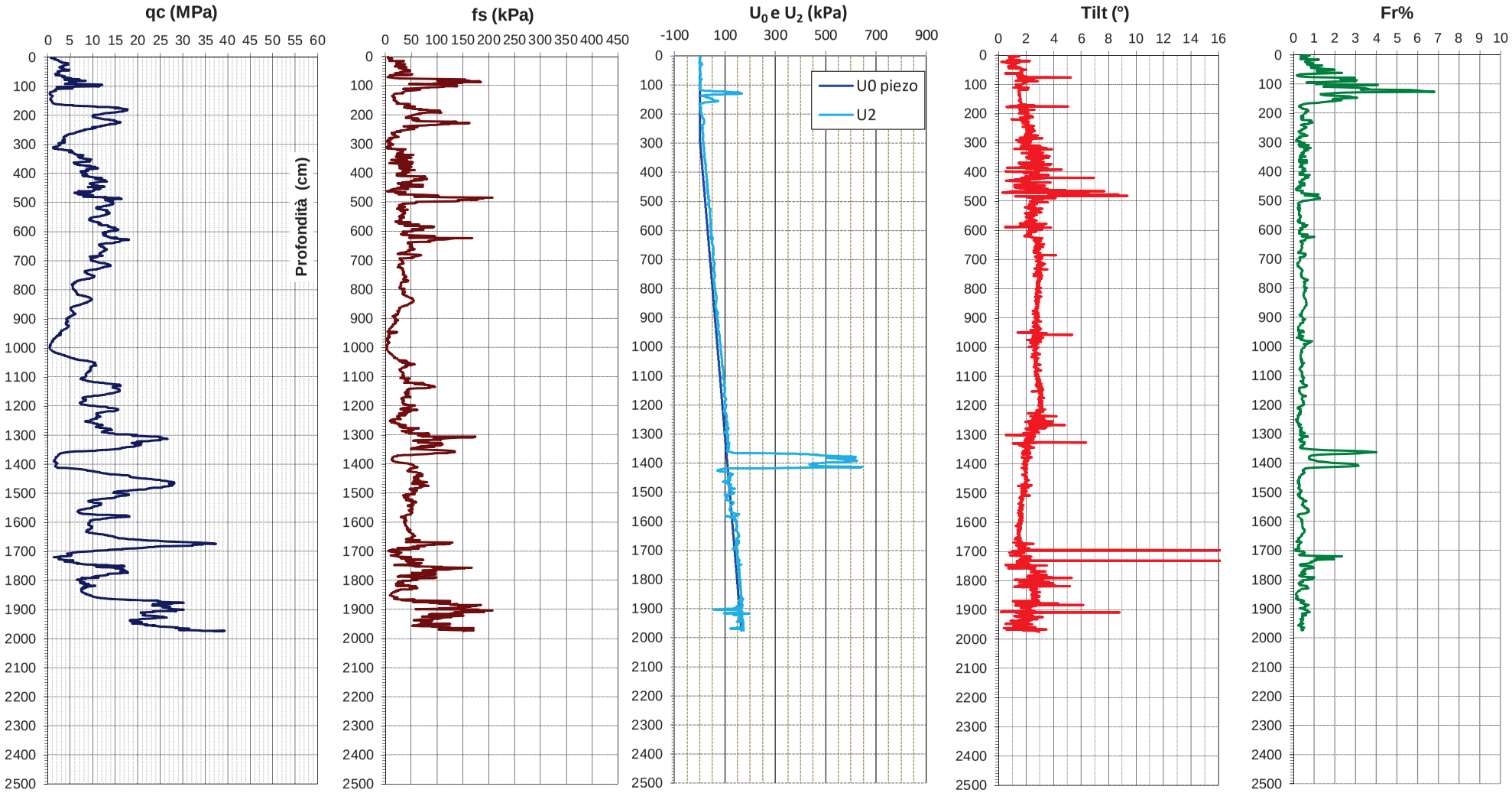


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 11	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.90	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

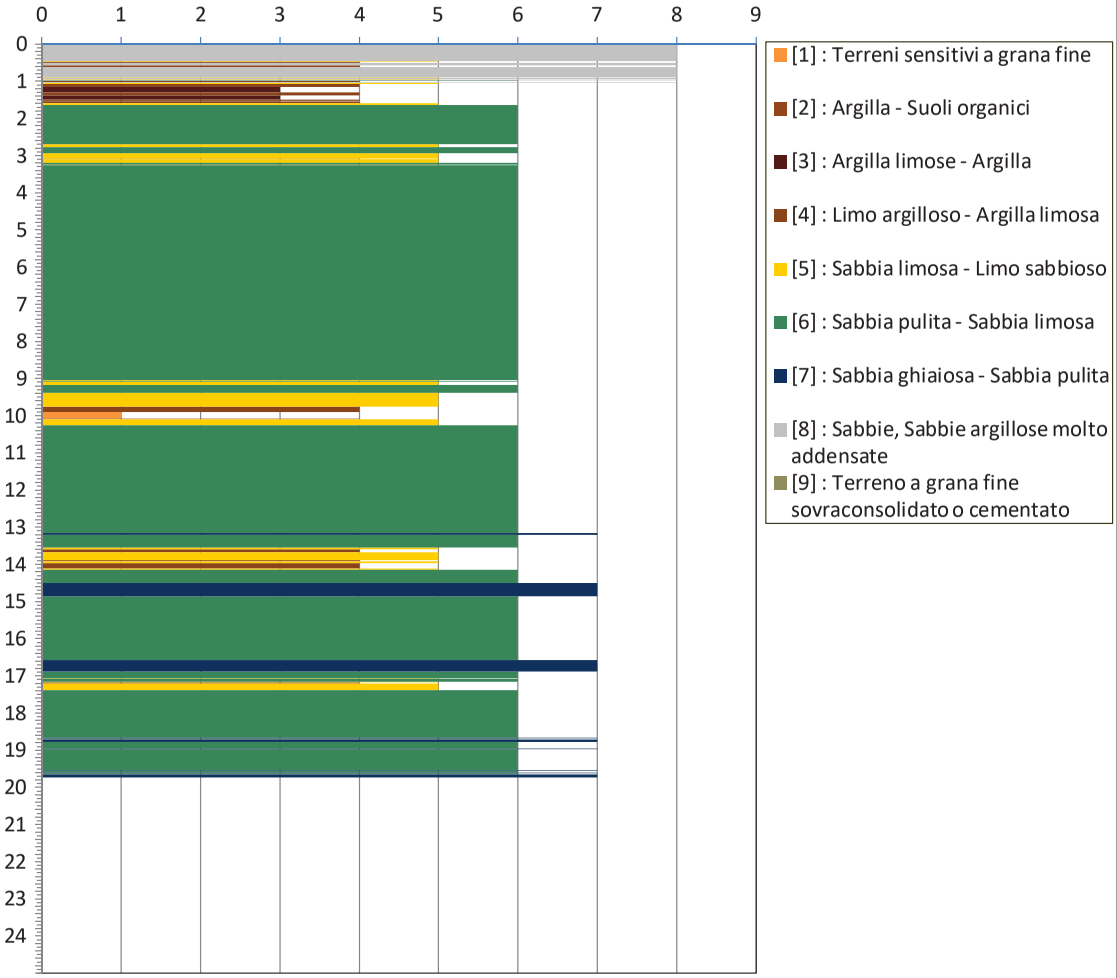


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

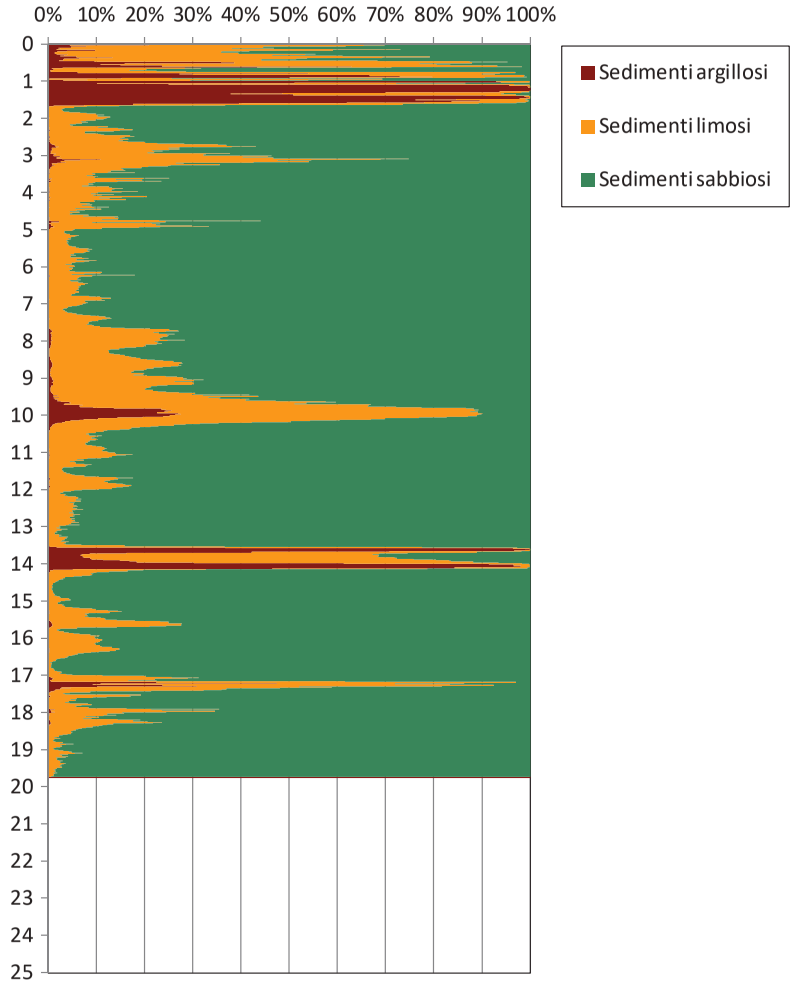
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 11	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.90	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

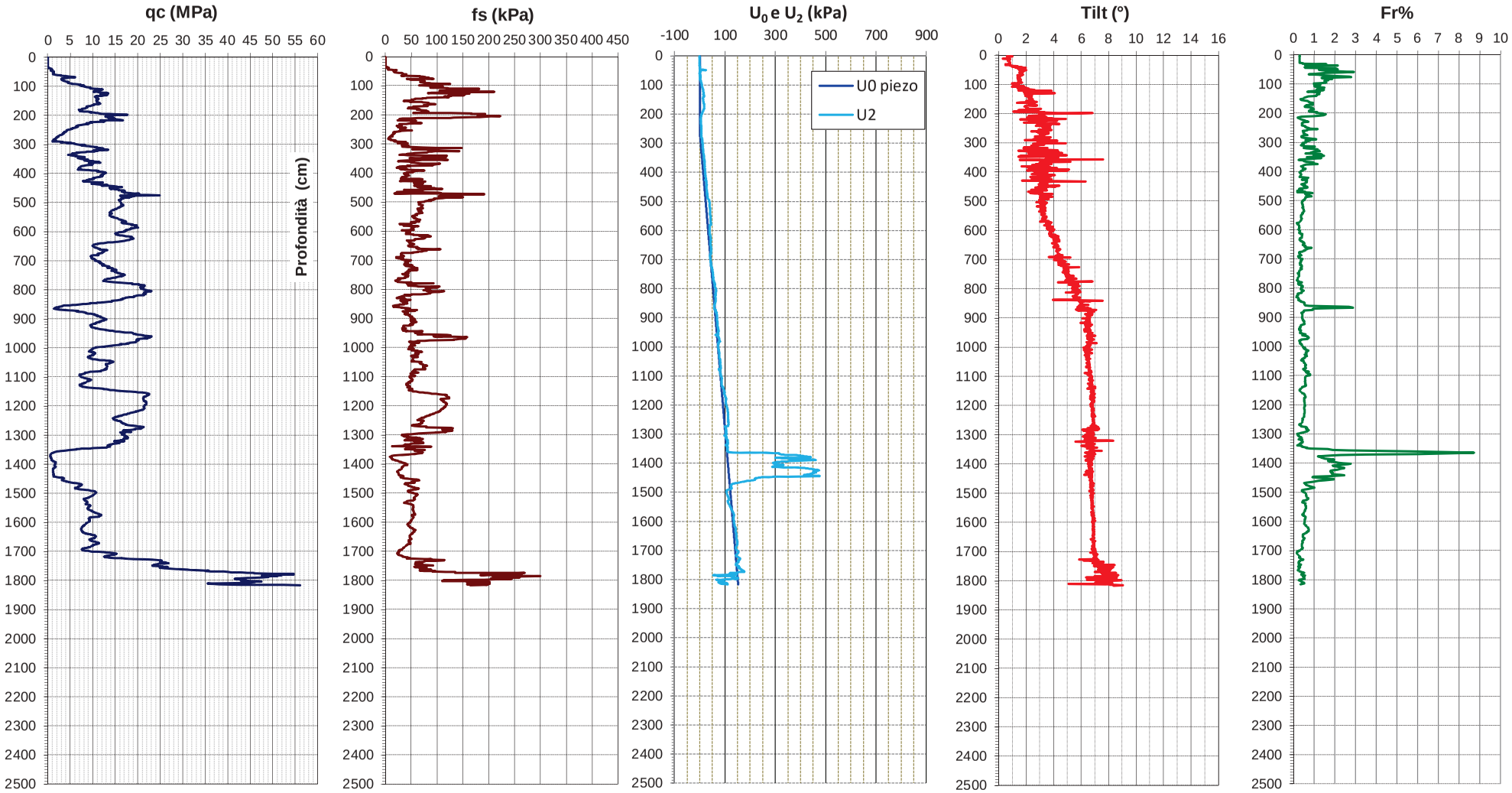


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 12	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

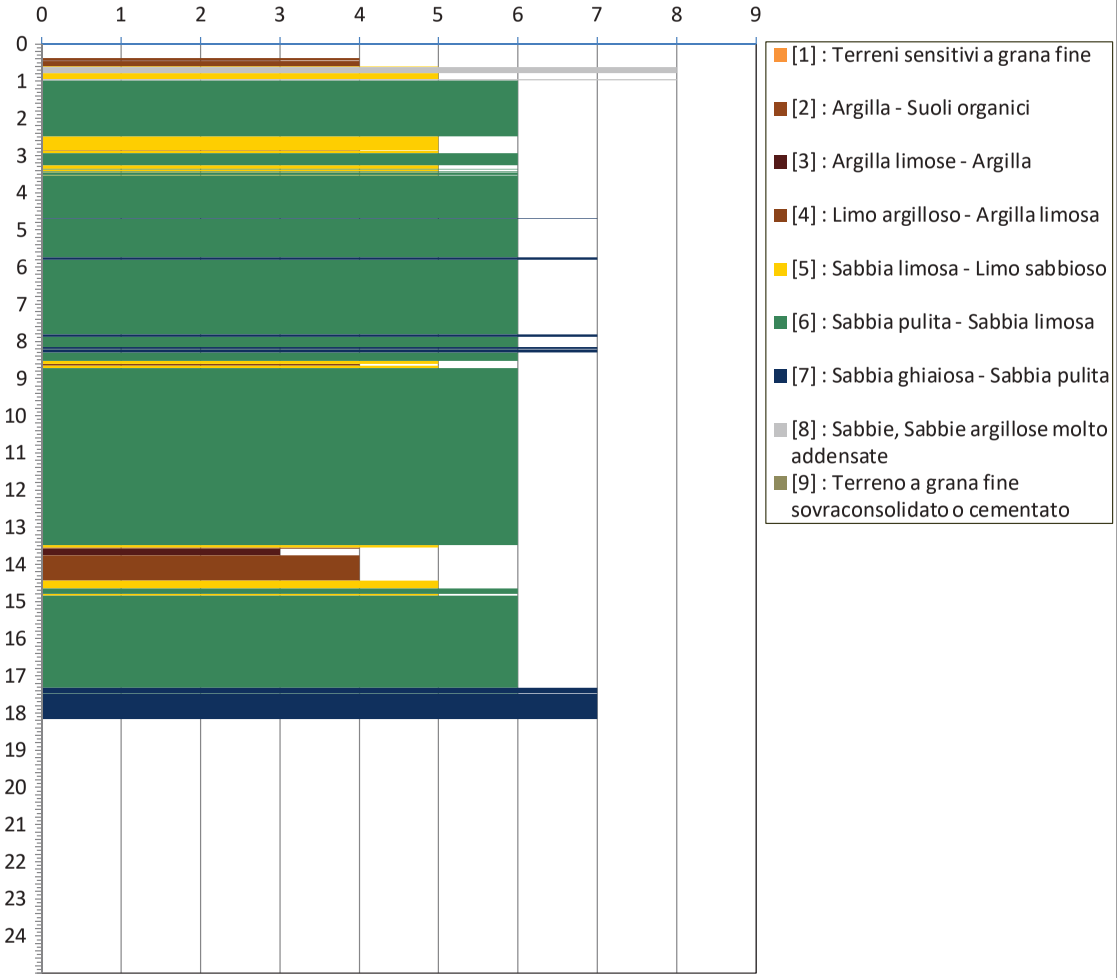


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

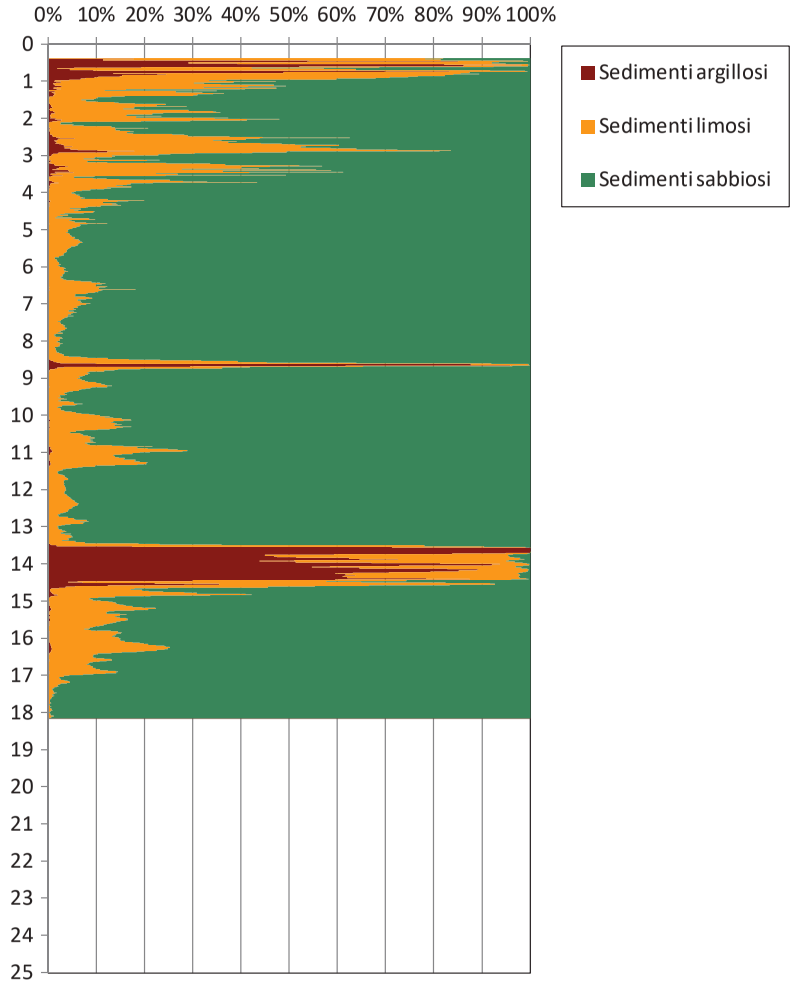
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 12	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

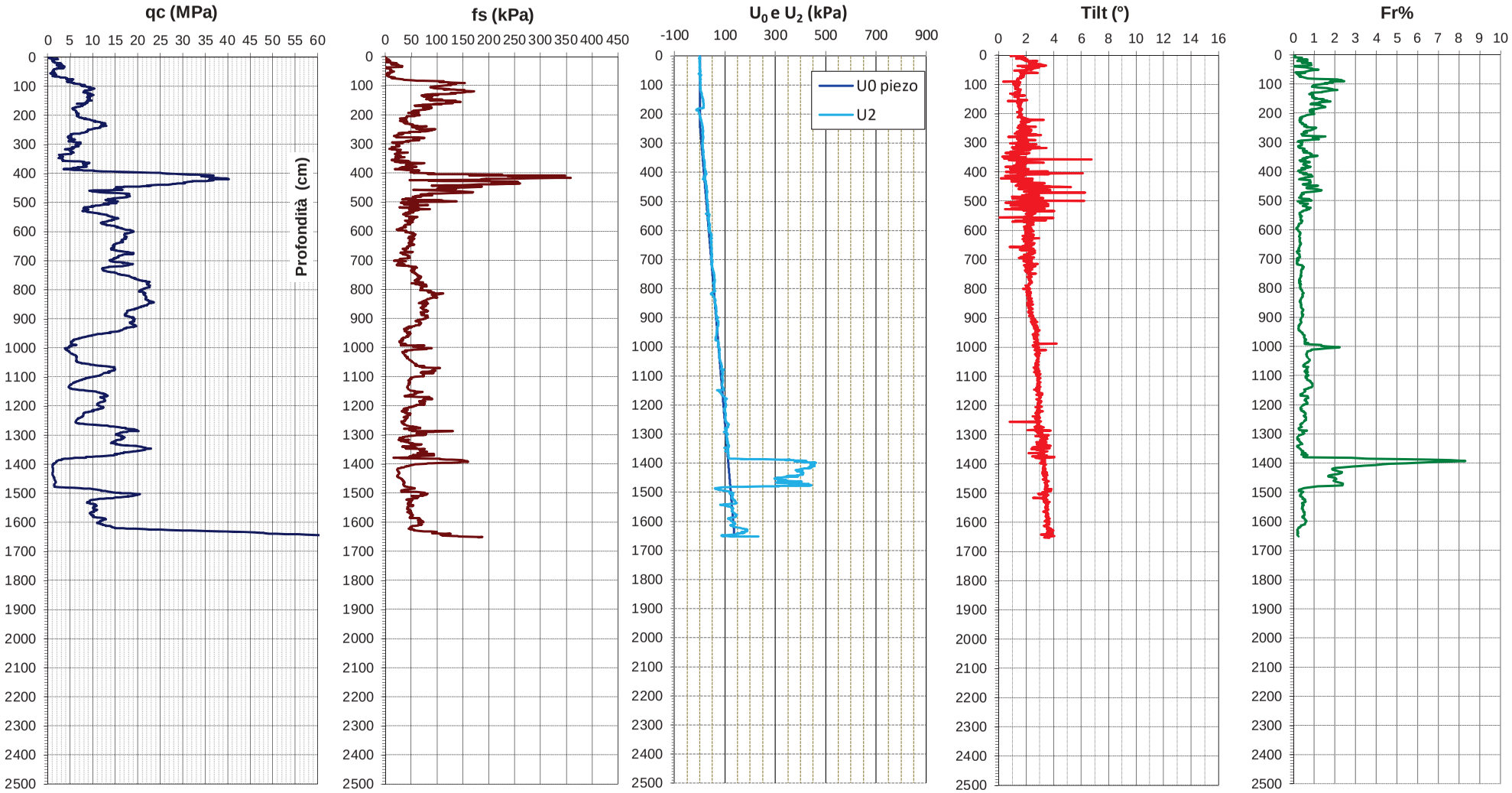


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 13	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	



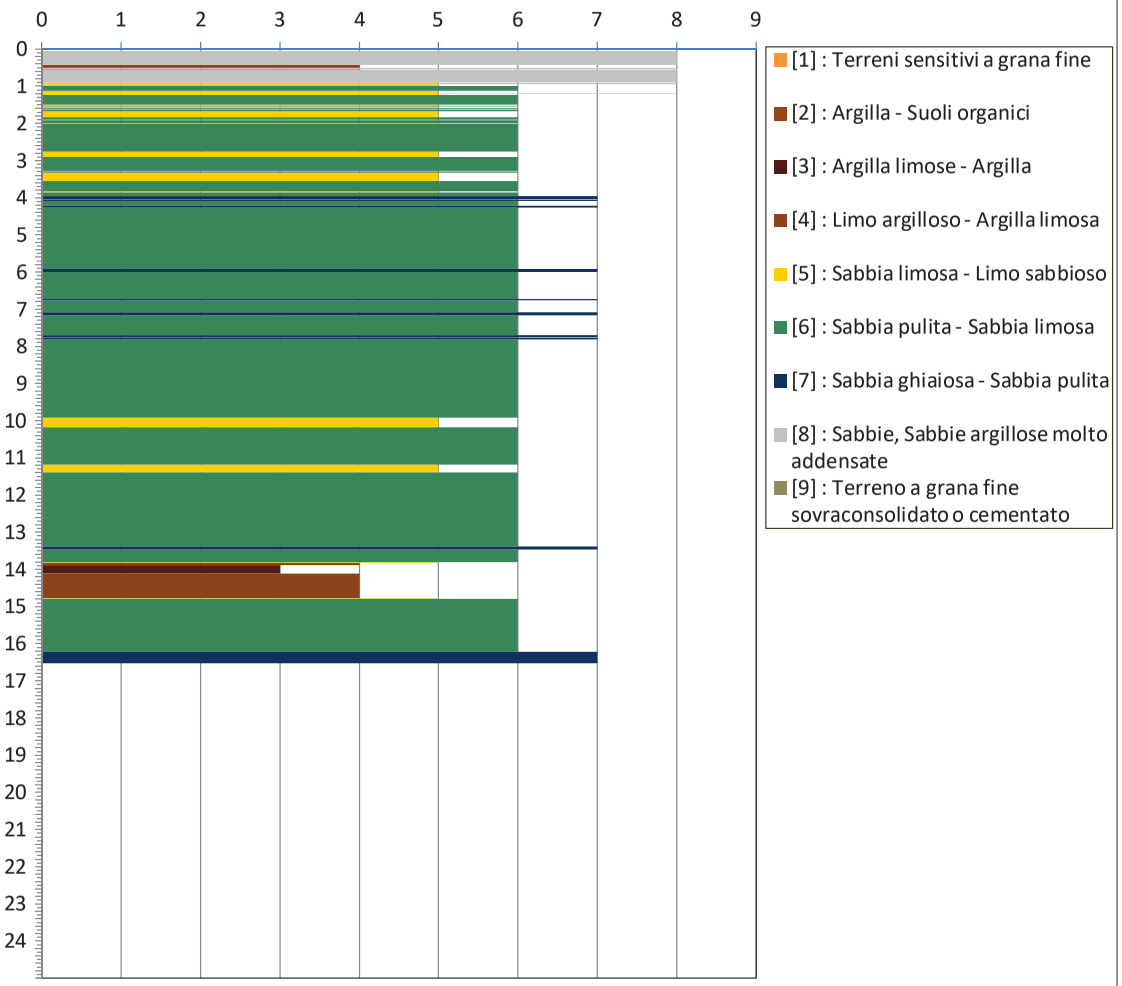
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

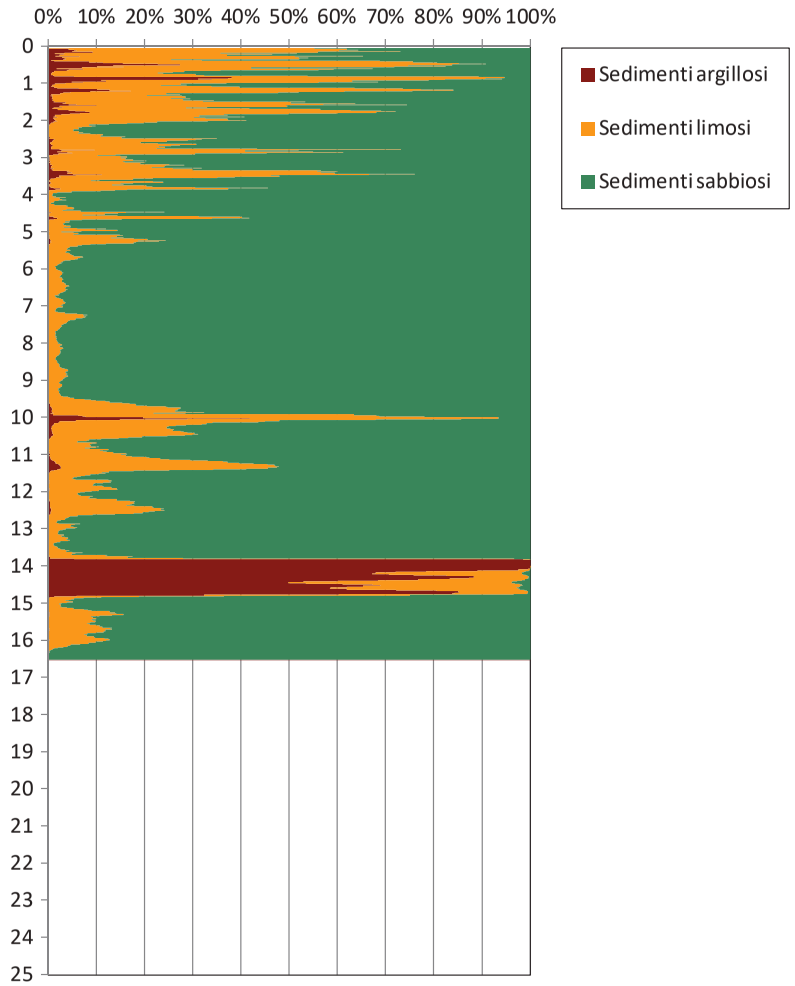
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 13	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

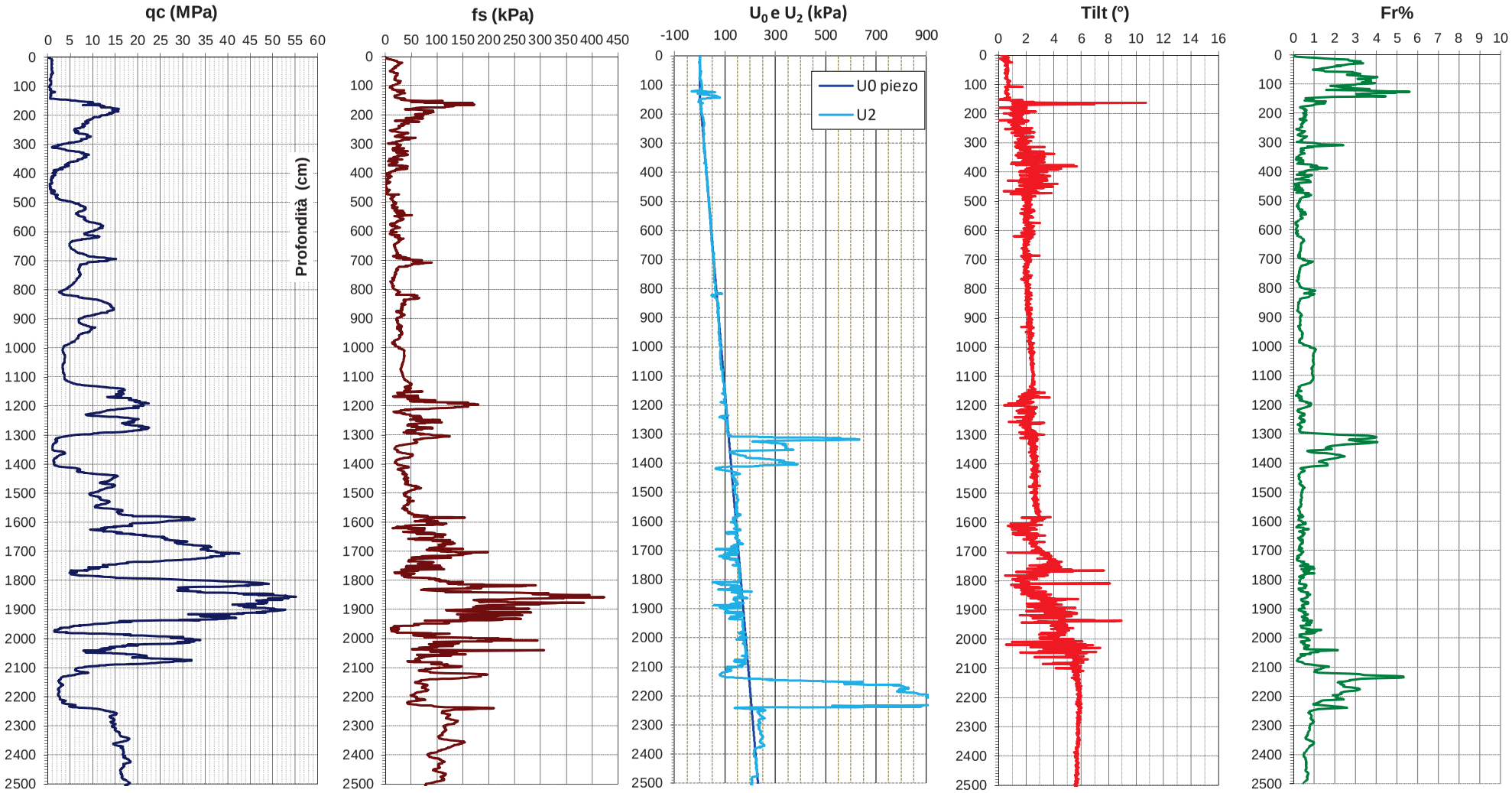


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 14	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	



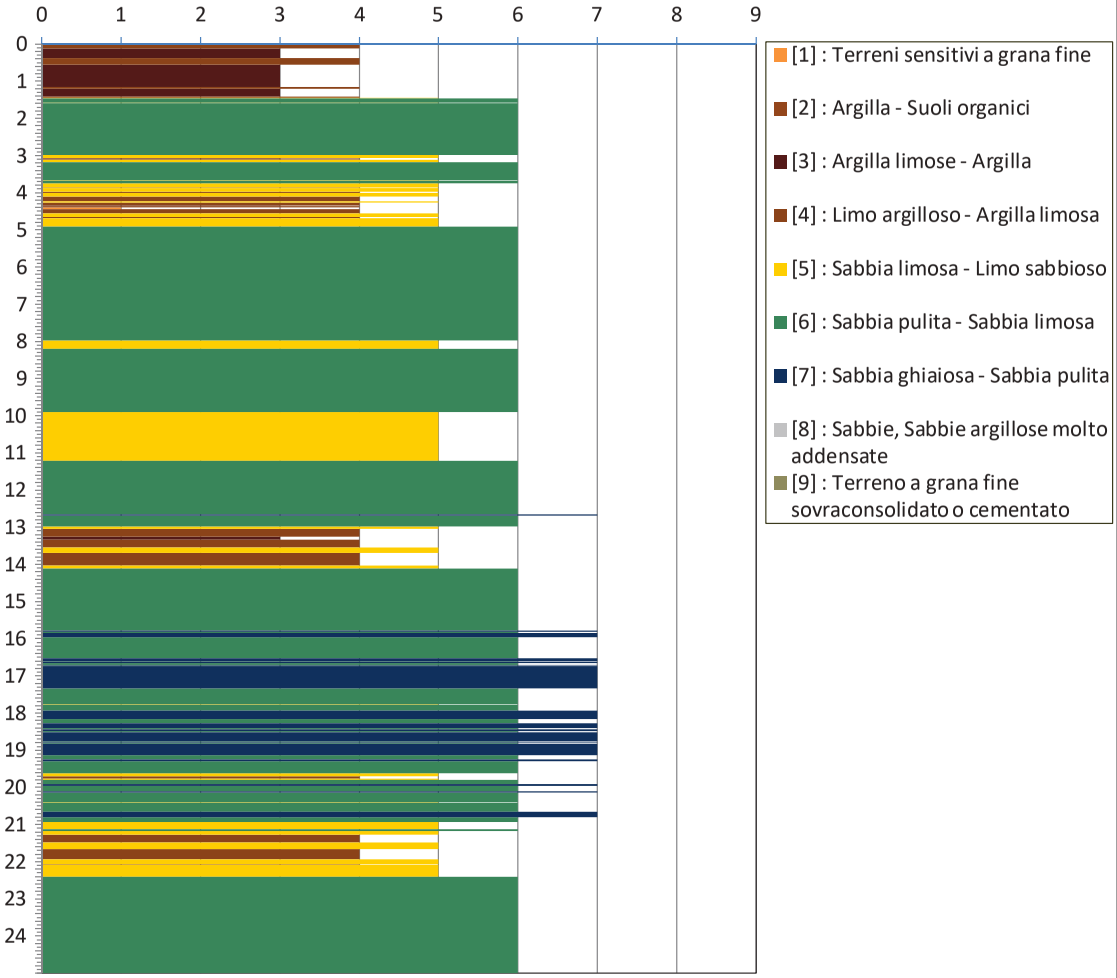
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

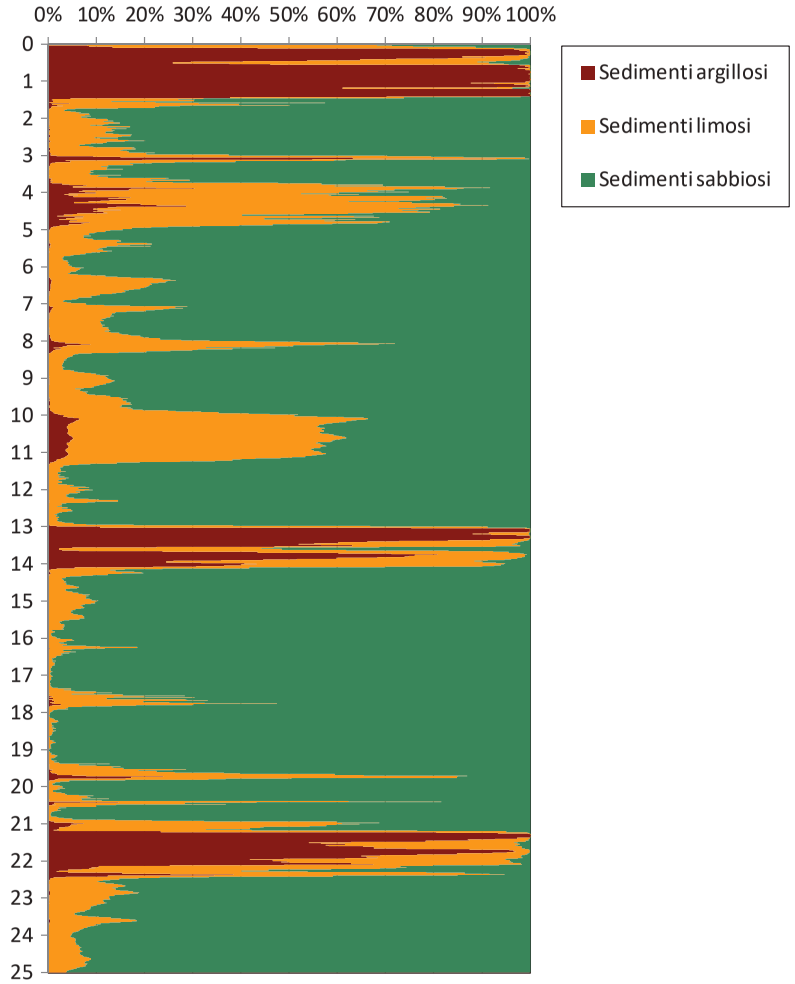
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 14	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

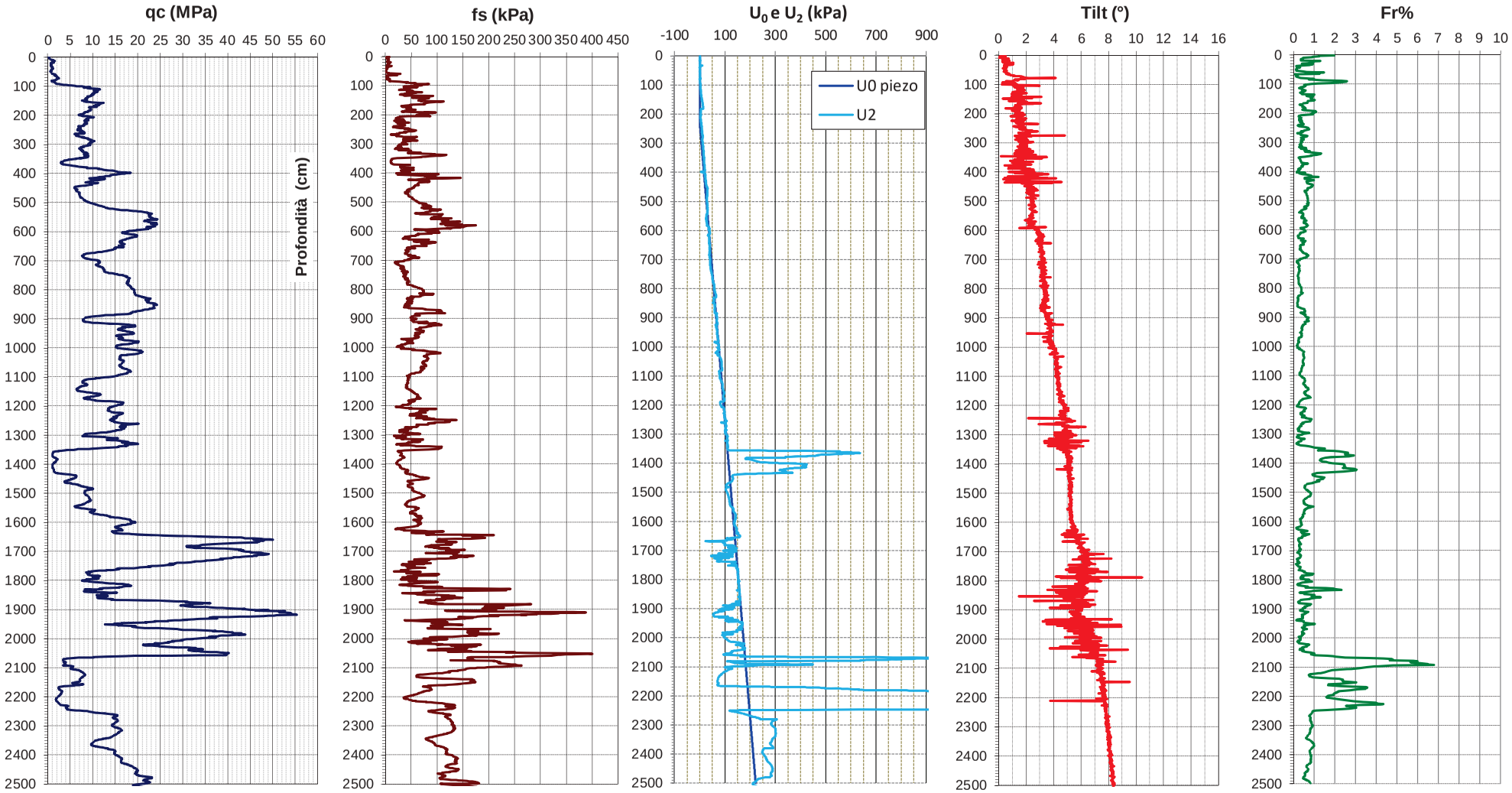


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 15	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

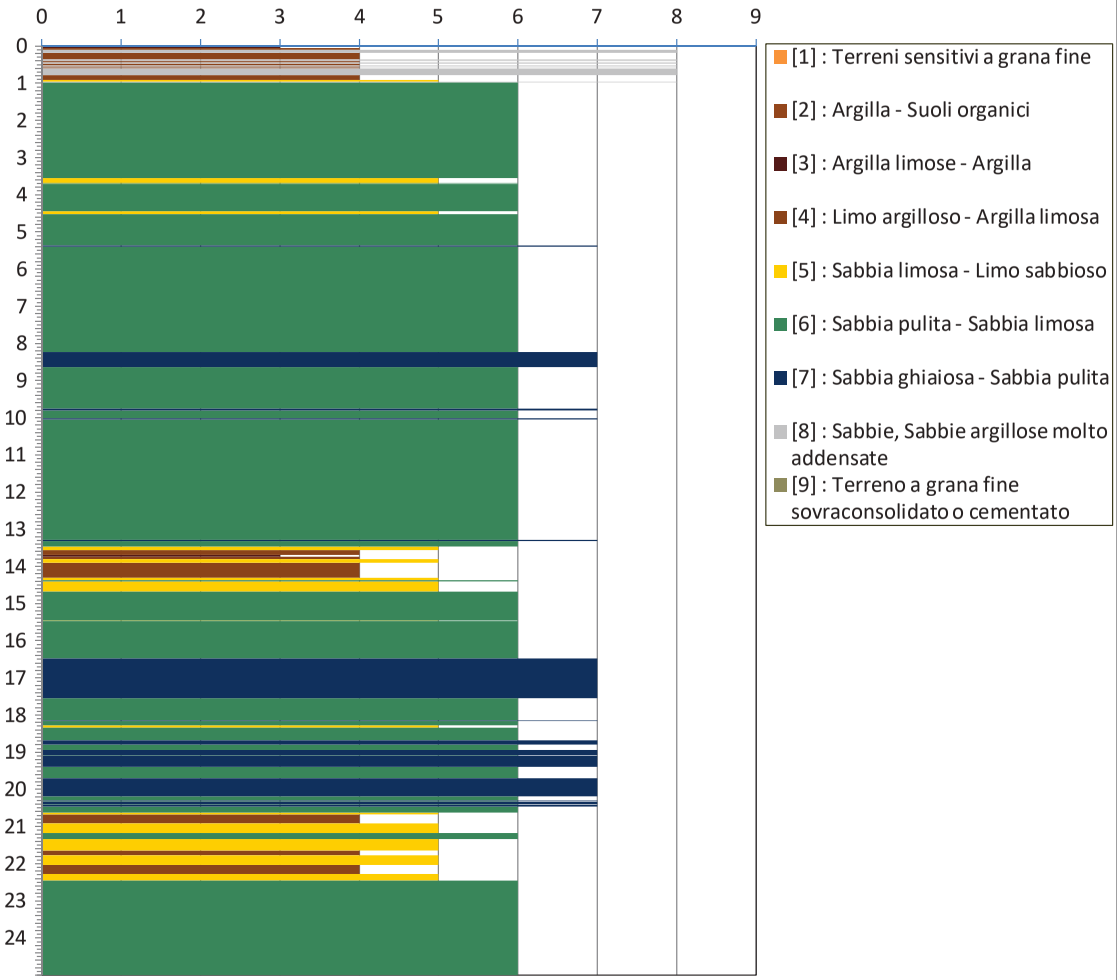


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

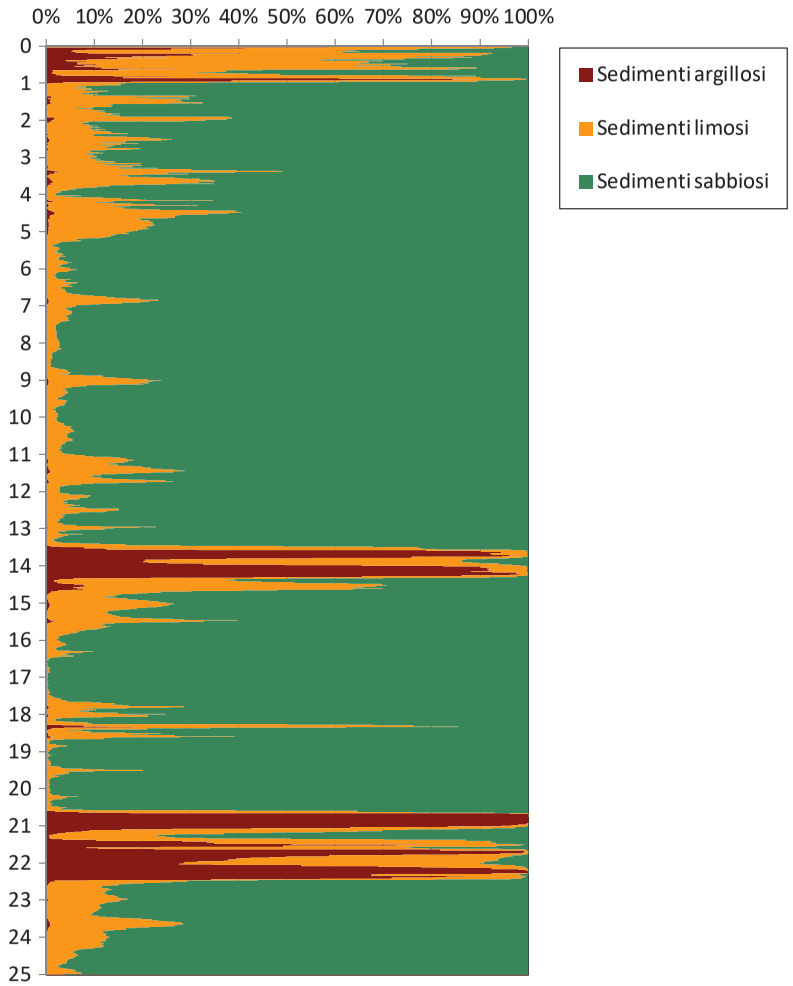
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 15	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

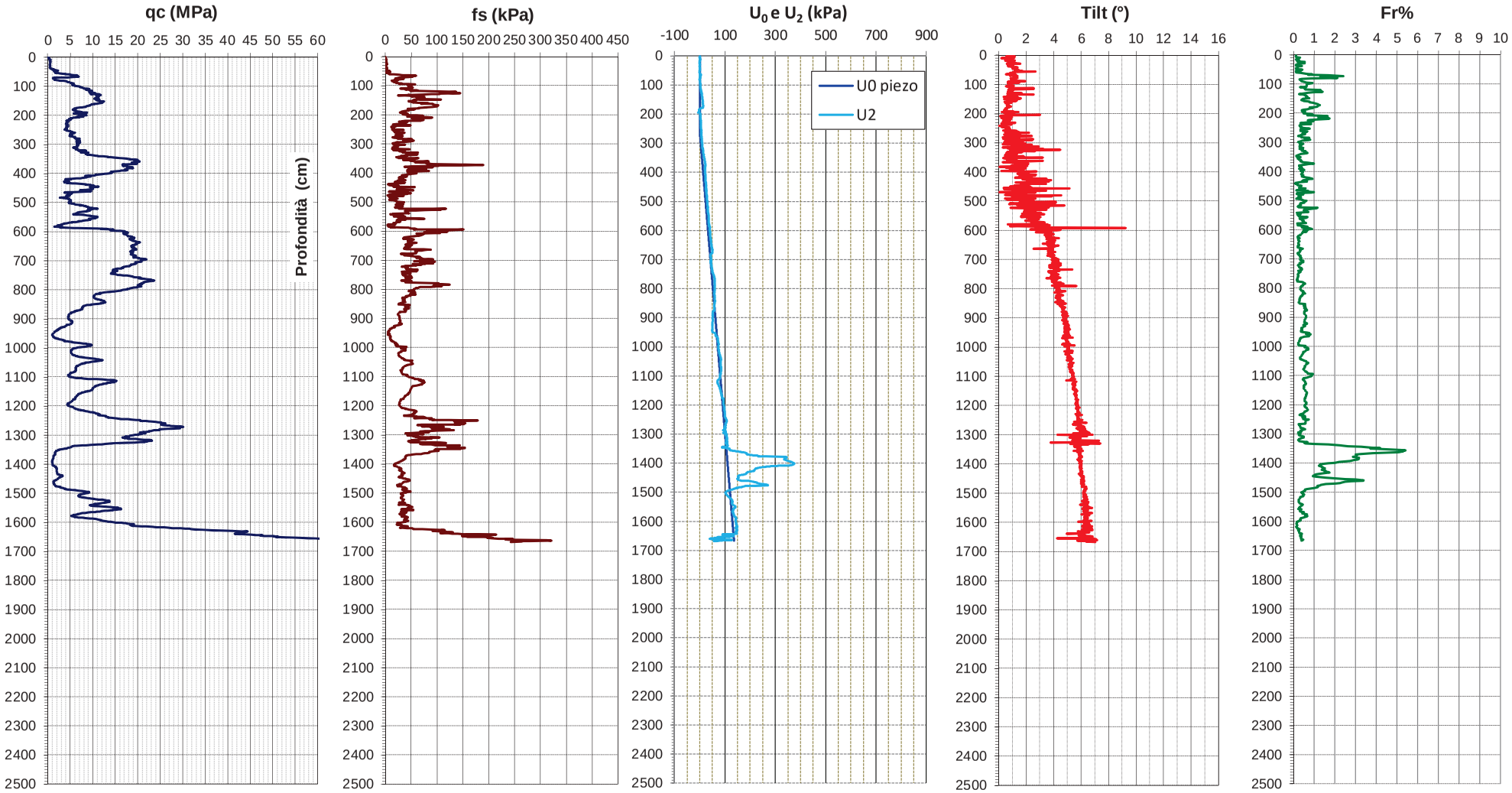


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 16	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

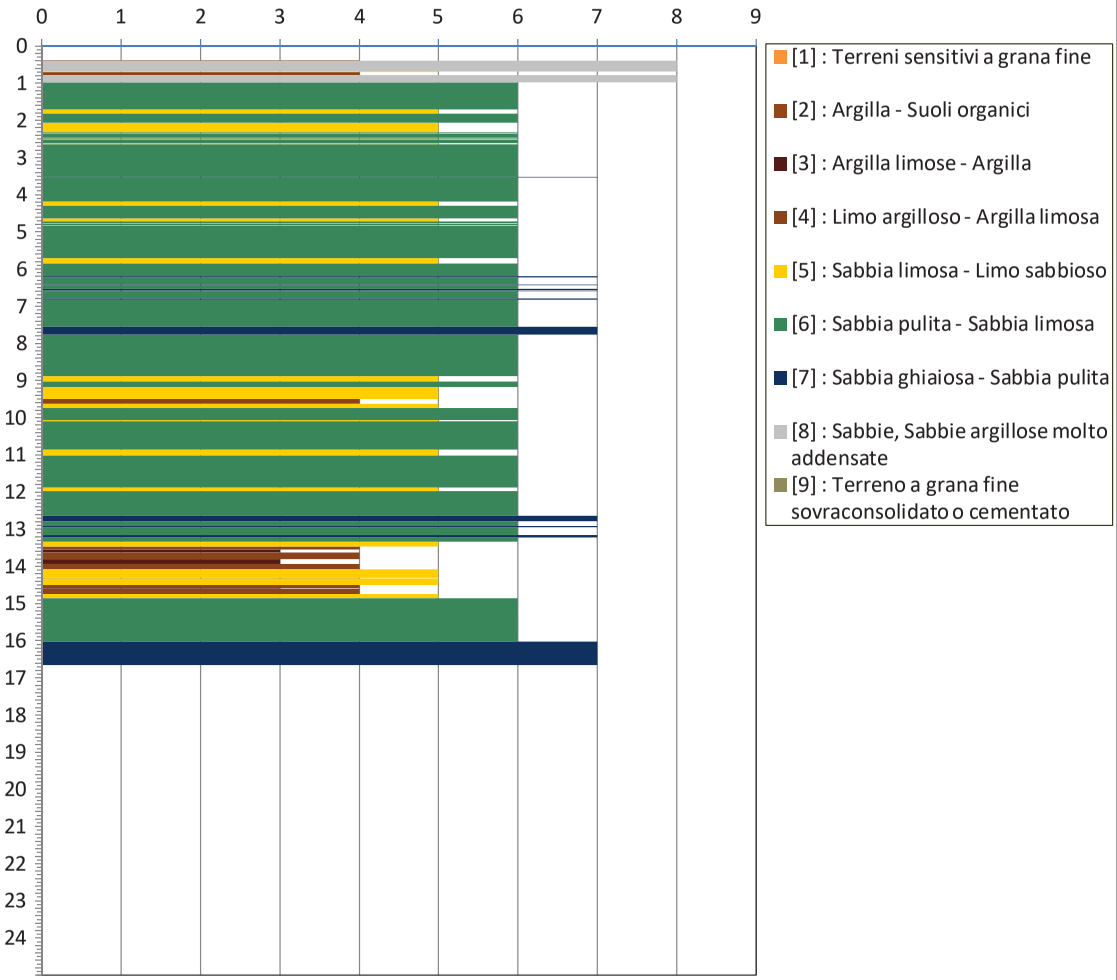


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

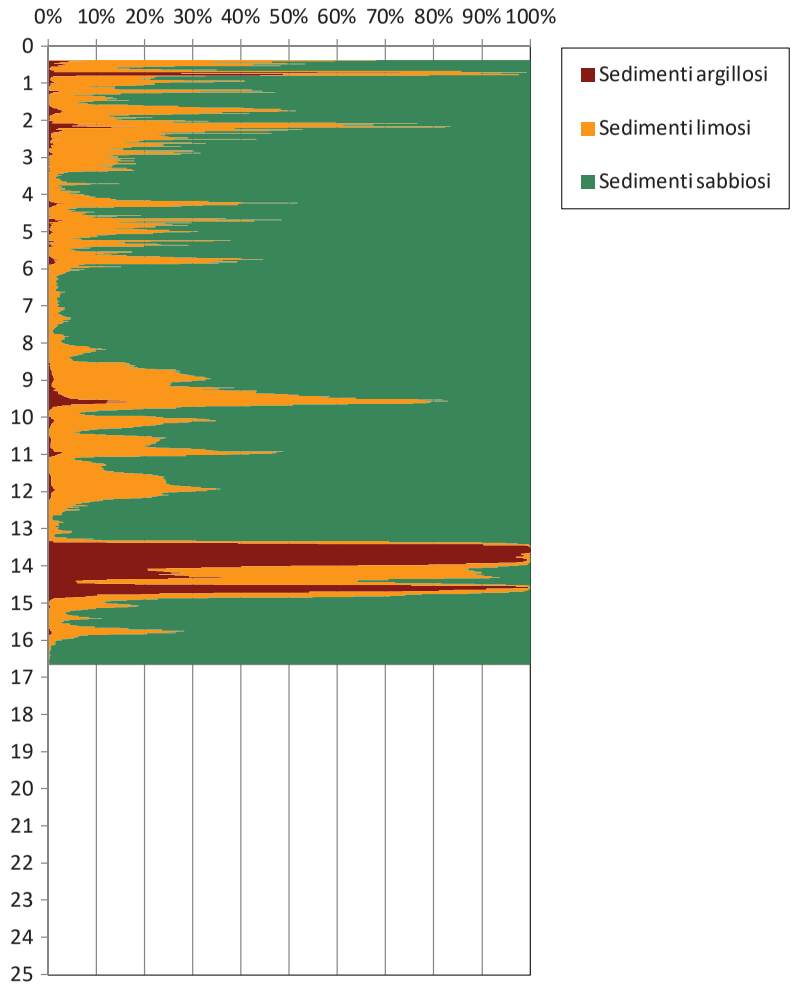
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 16	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

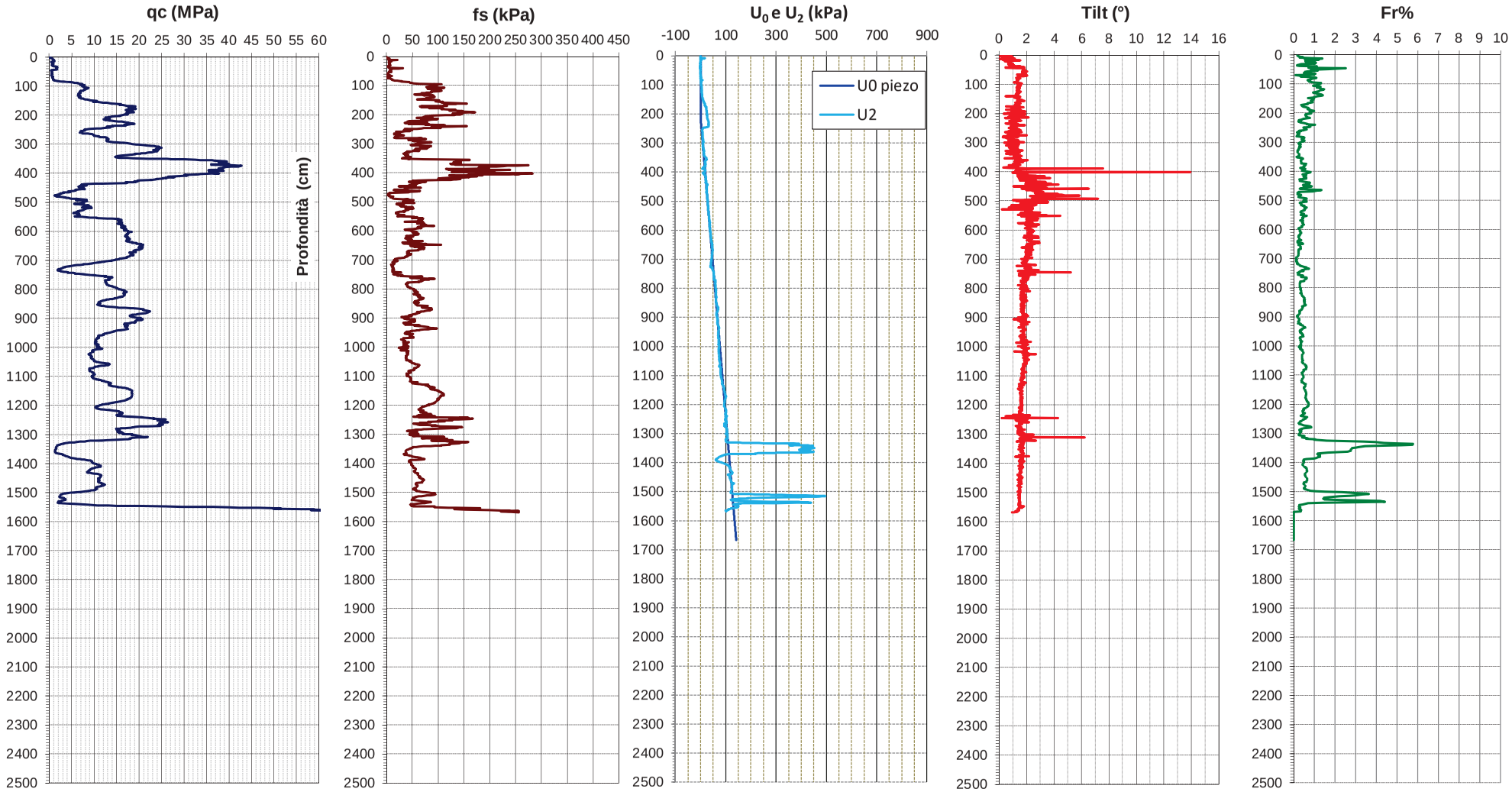


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 17	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.25	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

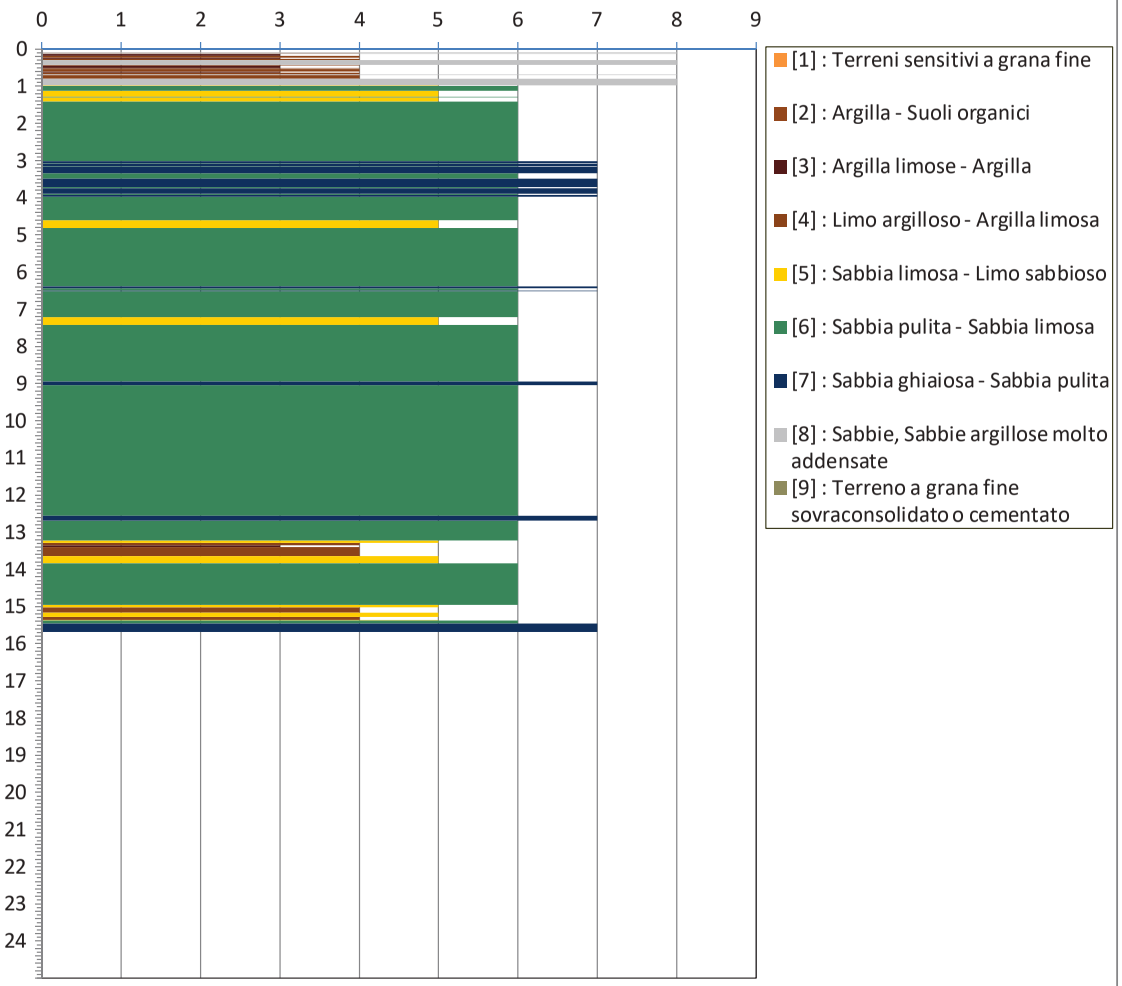


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

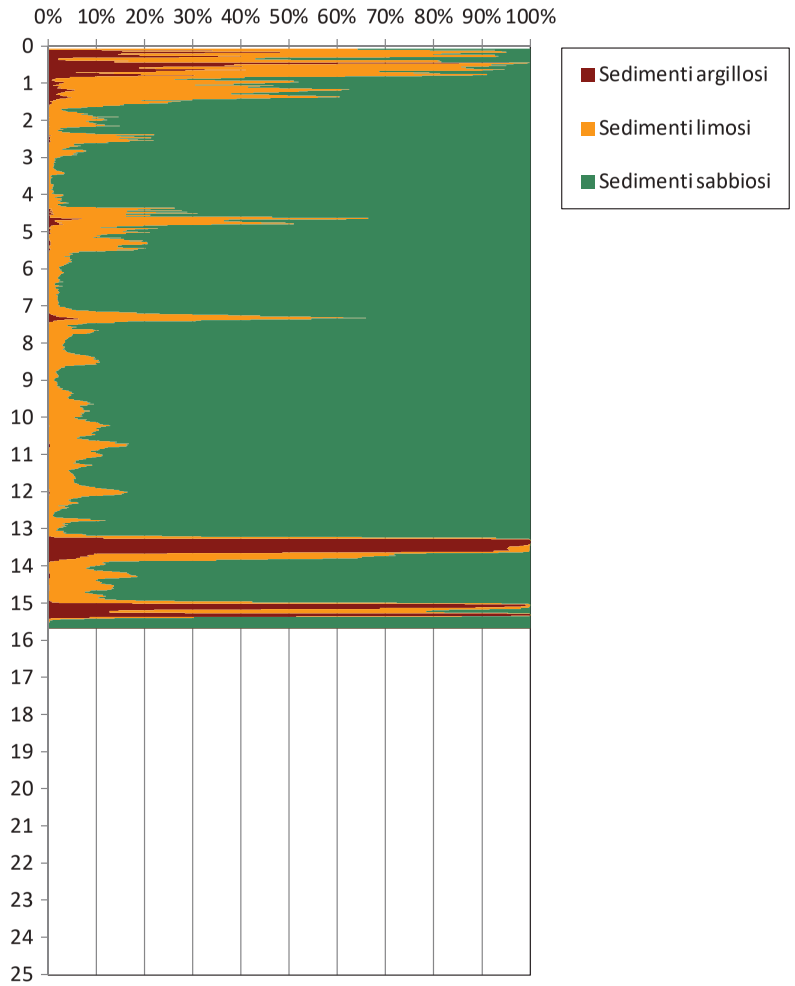
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 17	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.25	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

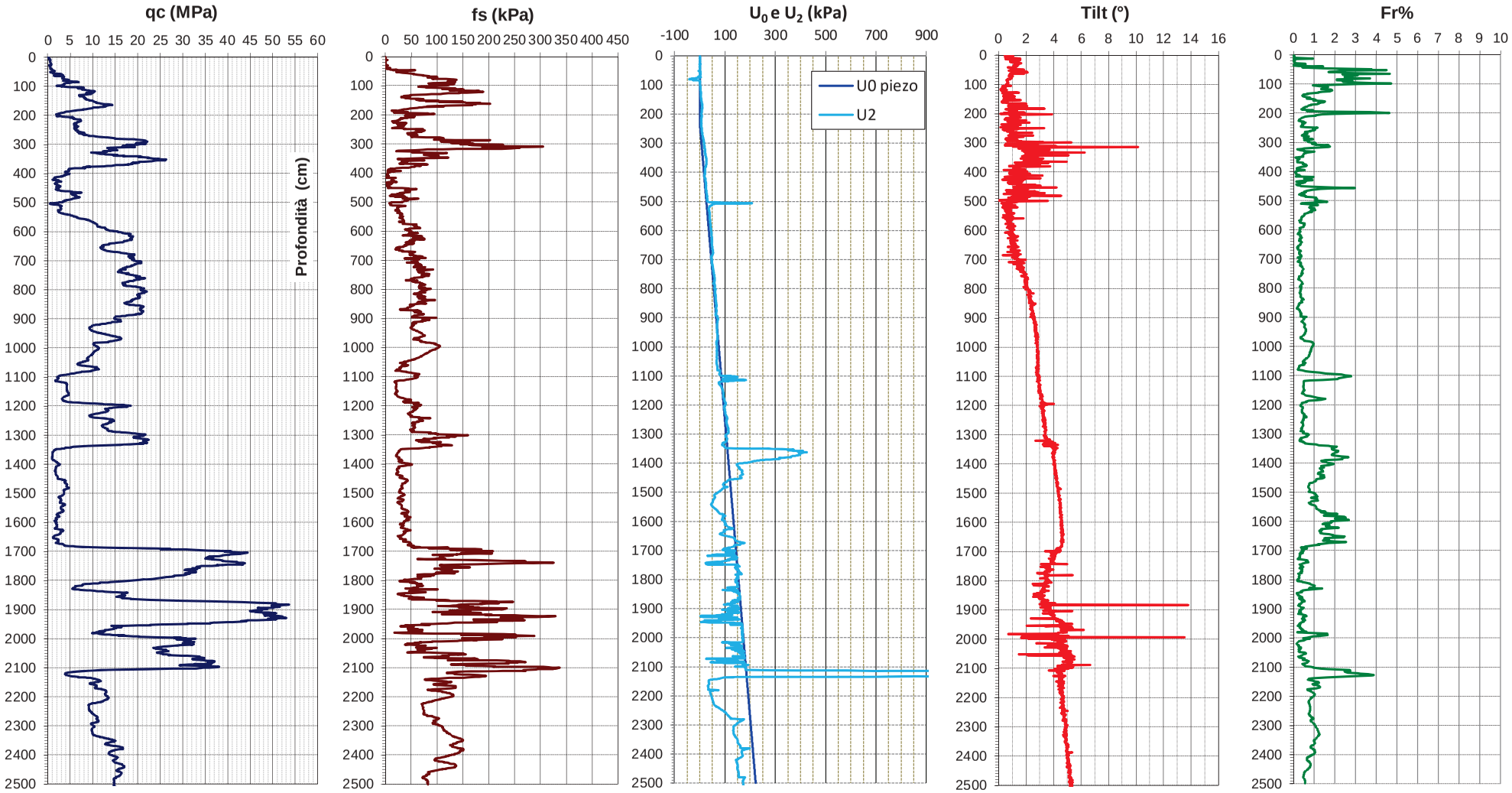


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 18	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

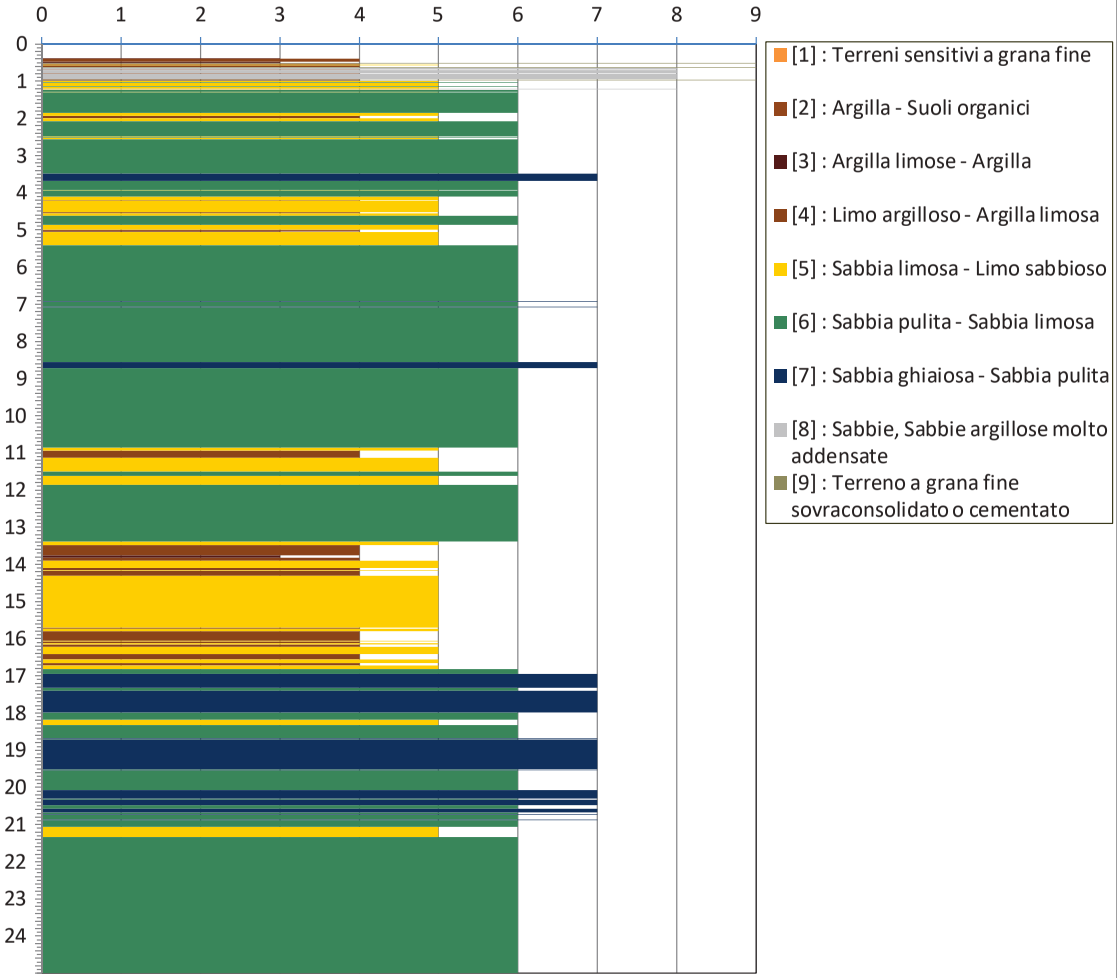


Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

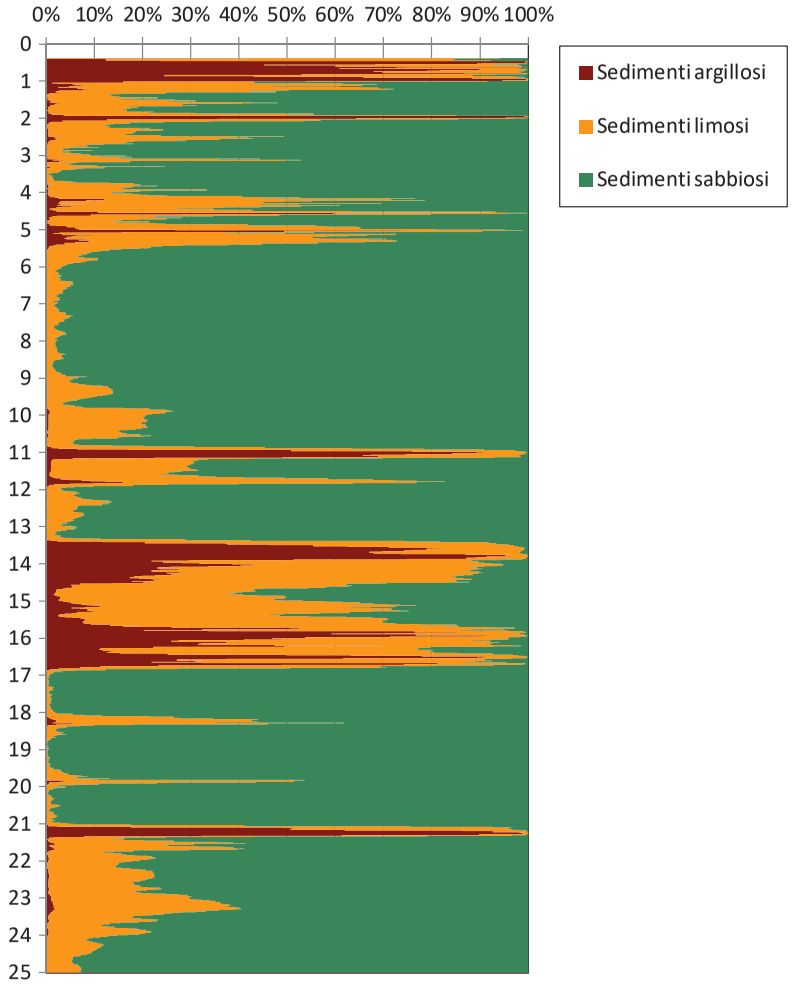
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 18	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

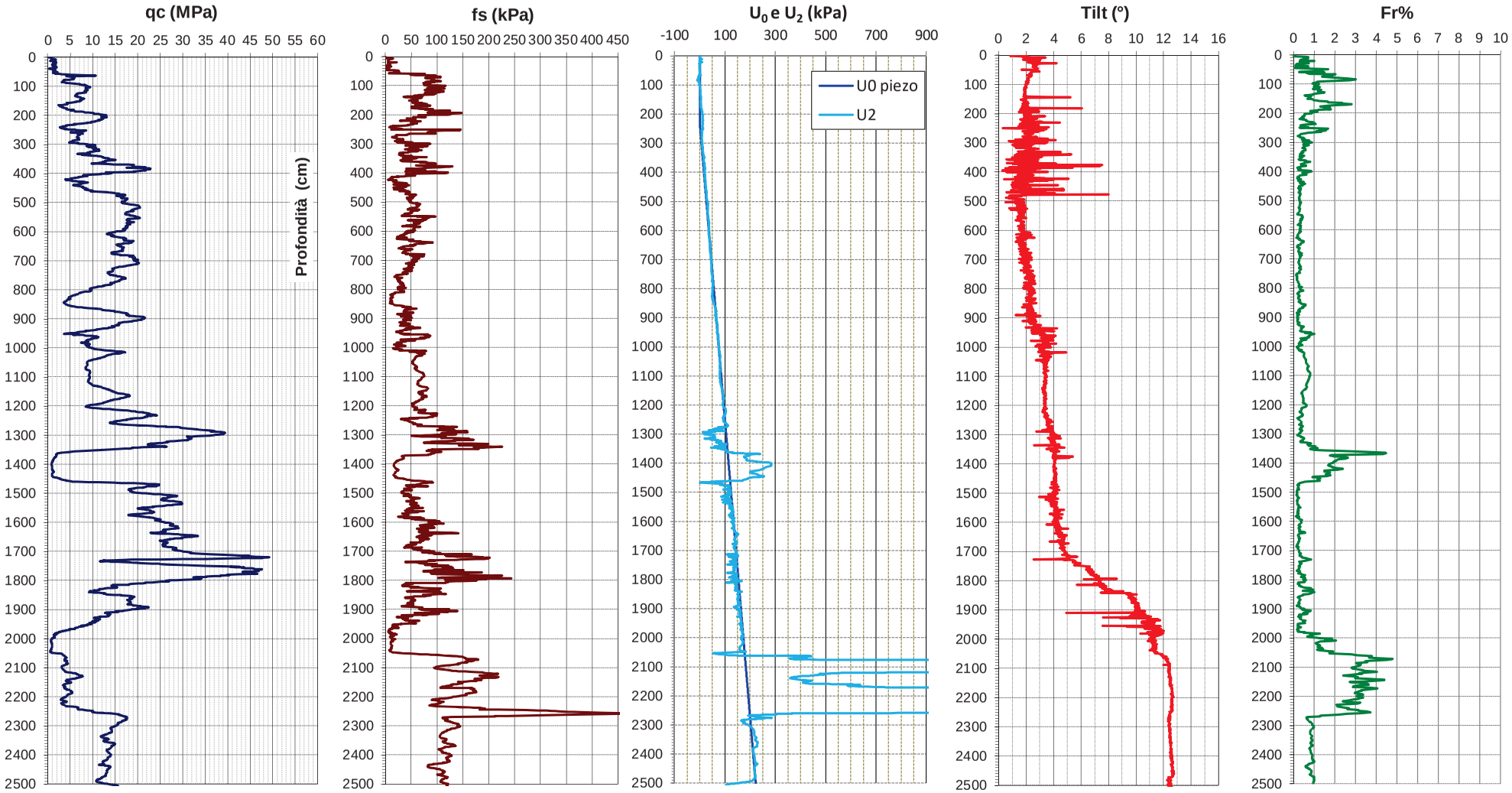


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 19	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	



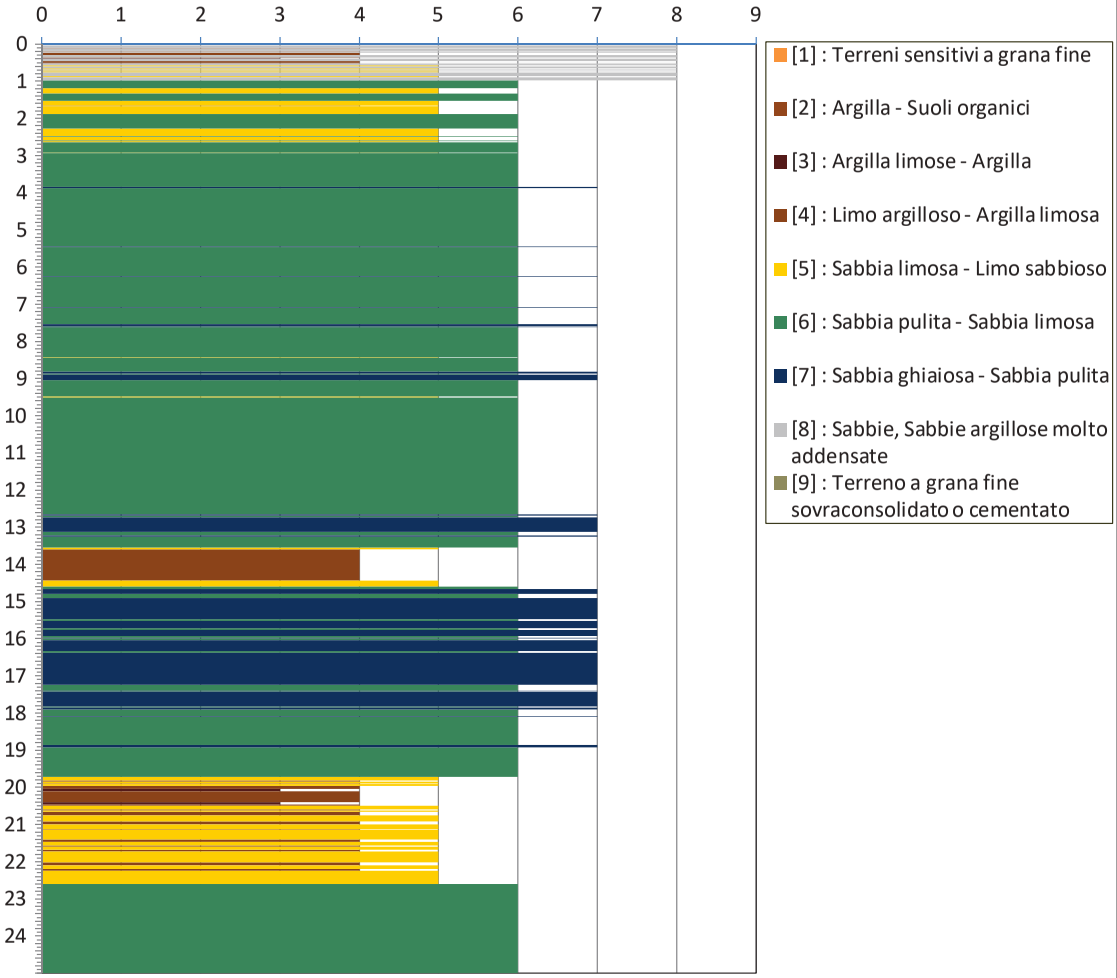
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

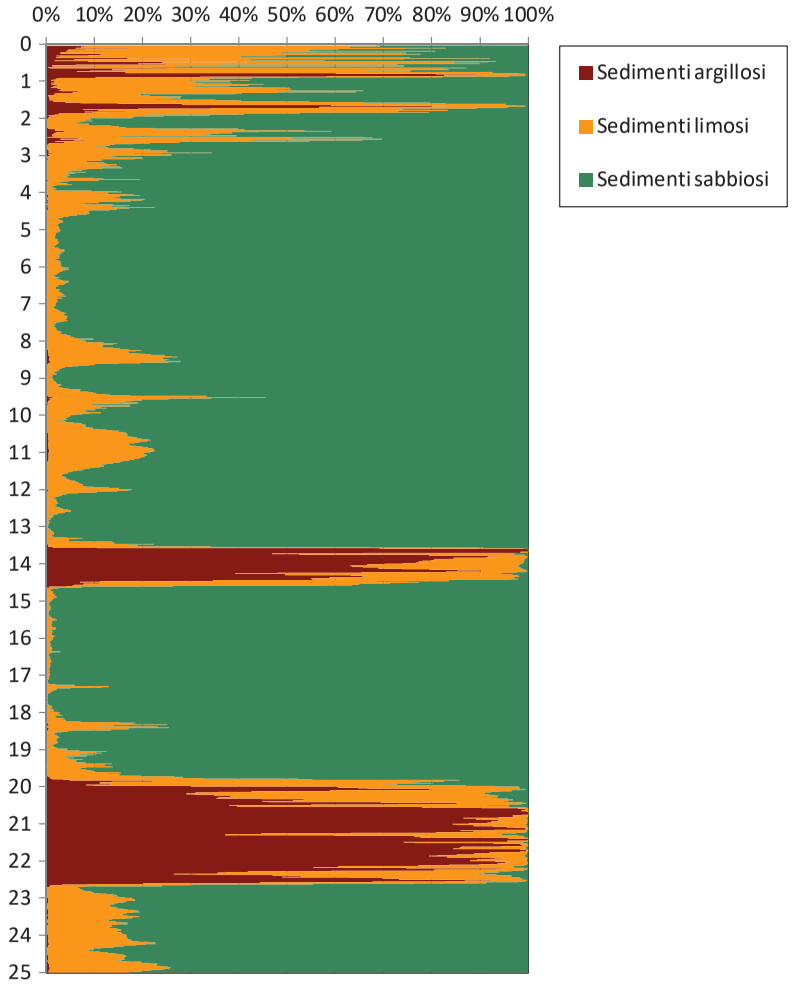
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 19	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	04/01/2024

Sondaggio n°	Sw6
Prova di permeabilità n°	LEF 1
Profondità da p.c.	1,50

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,127
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,58
Rapporto di forma	L/D	[-]	4,57

Coefficiente di forma	F	[m]	1,639

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,013

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,58
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	1,50
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	0,920

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	1,500

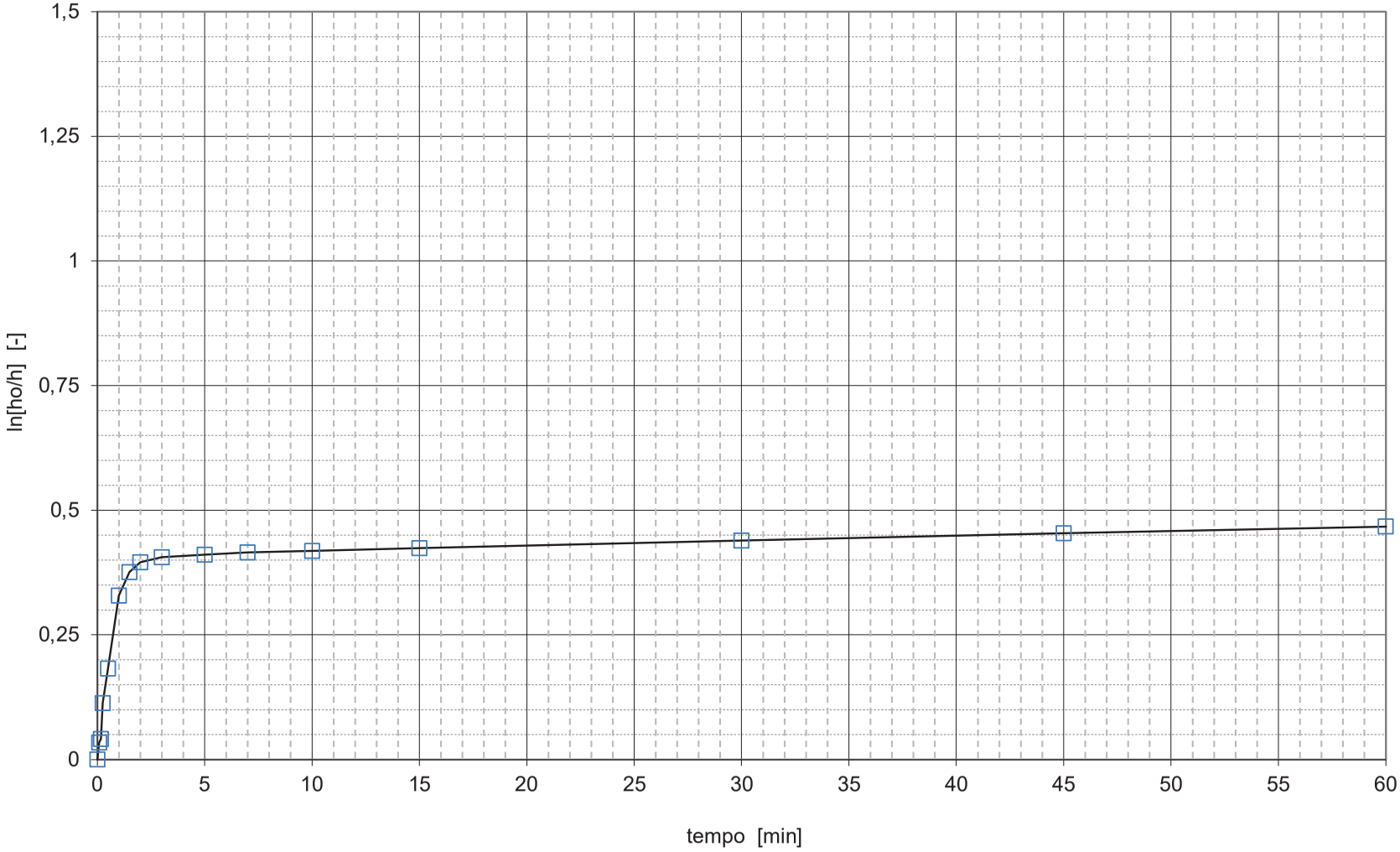
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	1,500	1,000	0,000
0,1	0,050	5	1,450	1,034	0,034
0,2	0,060	10	1,440	1,042	0,041
0,3	0,160	15	1,340	1,119	0,113
0,5	0,250	30	1,250	1,200	0,182
1,0	0,420	60	1,080	1,389	0,329
1,5	0,470	90	1,030	1,456	0,376
2,0	0,490	120	1,010	1,485	0,396
3,0	0,500	180	1,000	1,500	0,405
5,0	0,505	300	0,995	1,508	0,410
7,0	0,510	420	0,990	1,515	0,416
10,0	0,513	600	0,987	1,520	0,419
15,0	0,518	900	0,982	1,527	0,424
30,0	0,533	1800	0,967	1,551	0,439
45,0	0,547	2700	0,953	1,574	0,454
60,0	0,560	3600	0,940	1,596	0,467

Coefficiente angolare α	[-]	3,35E-03

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**2,59E-05**

Sw6
LEF 1
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	04/01/2024

Sondaggio n°	Sw6
Prova di permeabilità n°	LEF 2
Profondità da p.c.	4,50

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,127
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,50
Rapporto di forma	L/D	[-]	3,94

Coefficiente di forma	F	[m]	1,511

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,013

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,50
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	2,35
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	1,850

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	2,350

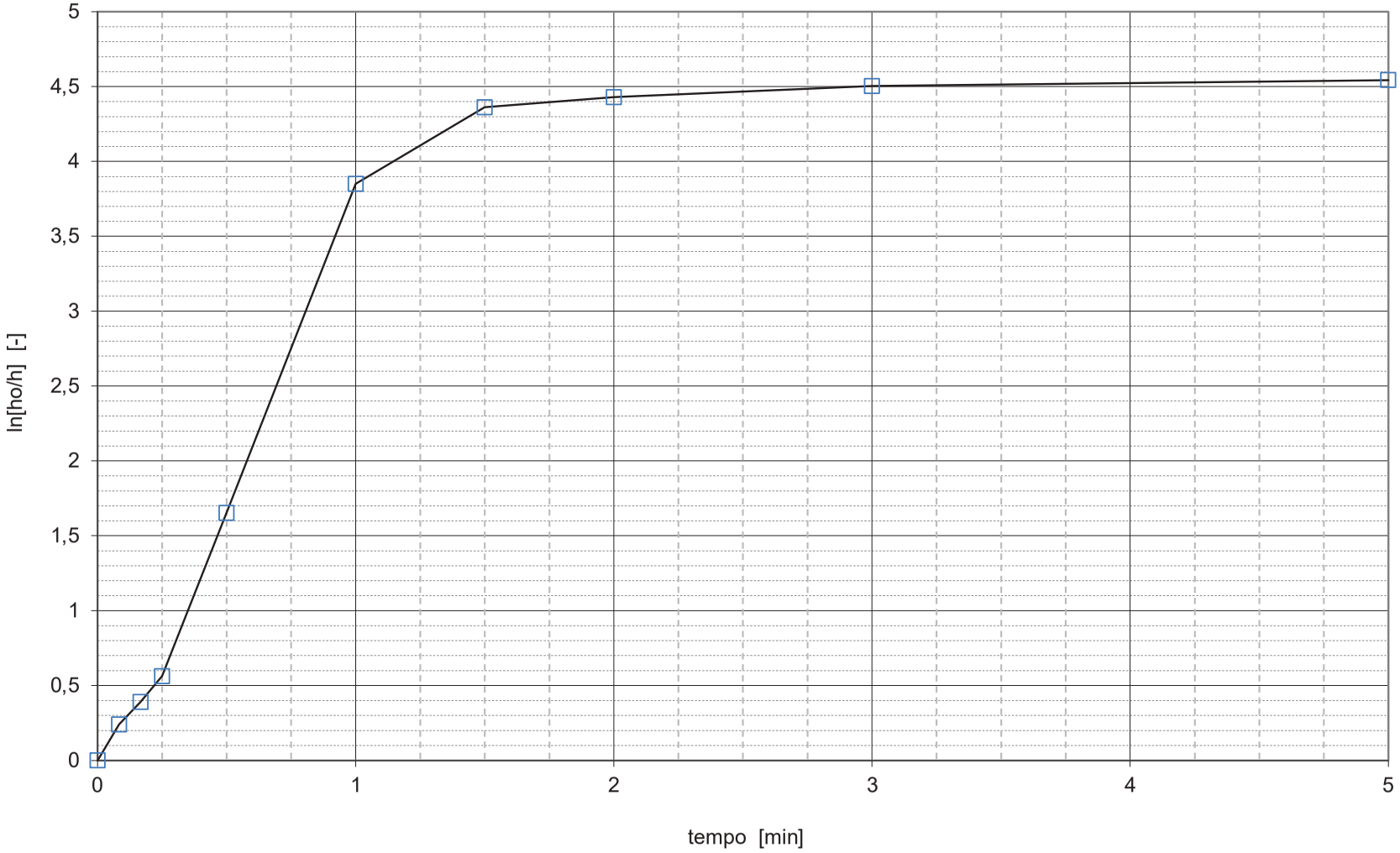
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	2,350	1,000	0,000
0,1	0,500	5	1,850	1,270	0,239
0,2	0,760	10	1,590	1,478	0,391
0,3	1,010	15	1,340	1,754	0,562
0,5	1,900	30	0,450	5,222	1,653
1,0	2,300	60	0,050	47,000	3,850
1,5	2,320	90	0,030	78,333	4,361
2,0	2,322	120	0,028	83,929	4,430
3,0	2,324	180	0,026	90,385	4,504
5,0	2,325	300	0,025	94,000	4,543

Coefficiente angolare α	[-]	6,77E-02

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**5,68E-04**

Sw6
LEF 2
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	15/01/2024

Sondaggio n°	Sw7
Prova di permeabilità n°	LEF 1
Profondità da p.c.	1,50

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,127
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,60
Rapporto di forma	L/D	[-]	4,72

Coefficiente di forma	F	[m]	1,670

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,013

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,60
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	1,50
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	0,900

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	1,500

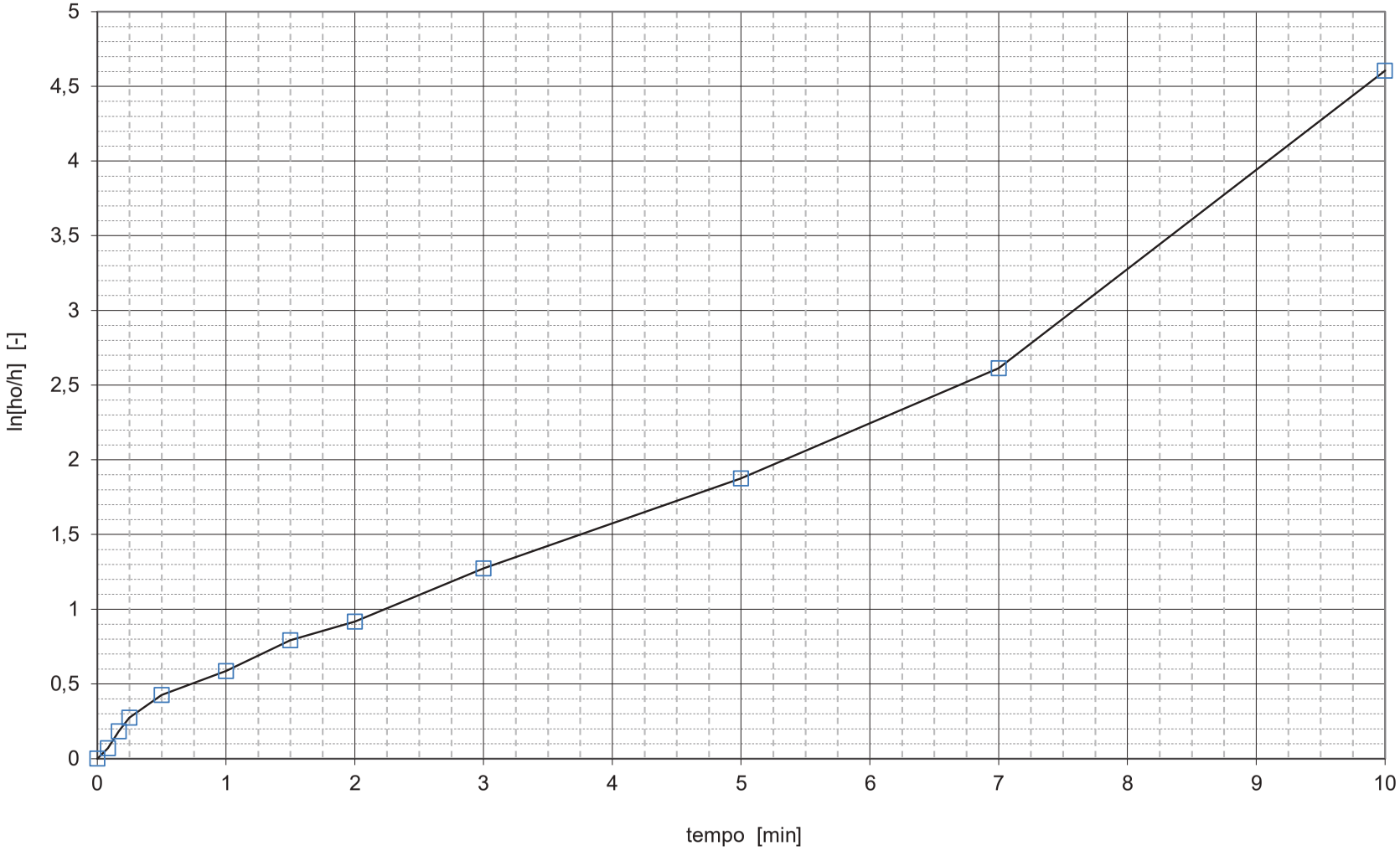
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	1,500	1,000	0,000
0,1	0,100	5	1,400	1,071	0,069
0,2	0,250	10	1,250	1,200	0,182
0,3	0,360	15	1,140	1,316	0,274
0,5	0,520	30	0,980	1,531	0,426
1,0	0,665	60	0,835	1,796	0,586
1,5	0,820	90	0,680	2,206	0,791
2,0	0,900	120	0,600	2,500	0,916
3,0	1,080	180	0,420	3,571	1,273
5,0	1,270	300	0,230	6,522	1,875
7,0	1,390	420	0,110	13,636	2,613
10,0	1,485	600	0,015	100,000	4,605

Coefficiente angolare α	[-]	6,87E-03

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**5,21E-05**

Sw7
LEF 1
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	16/01/2024

Sondaggio n°	Sw7
Prova di permeabilità n°	LEF 2
Profondità da p.c.	6,00

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,127
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,50
Rapporto di forma	L/D	[-]	3,94

Coefficiente di forma	F	[m]	1,511

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,013

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,50
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	2,20
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	1,700

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	2,200

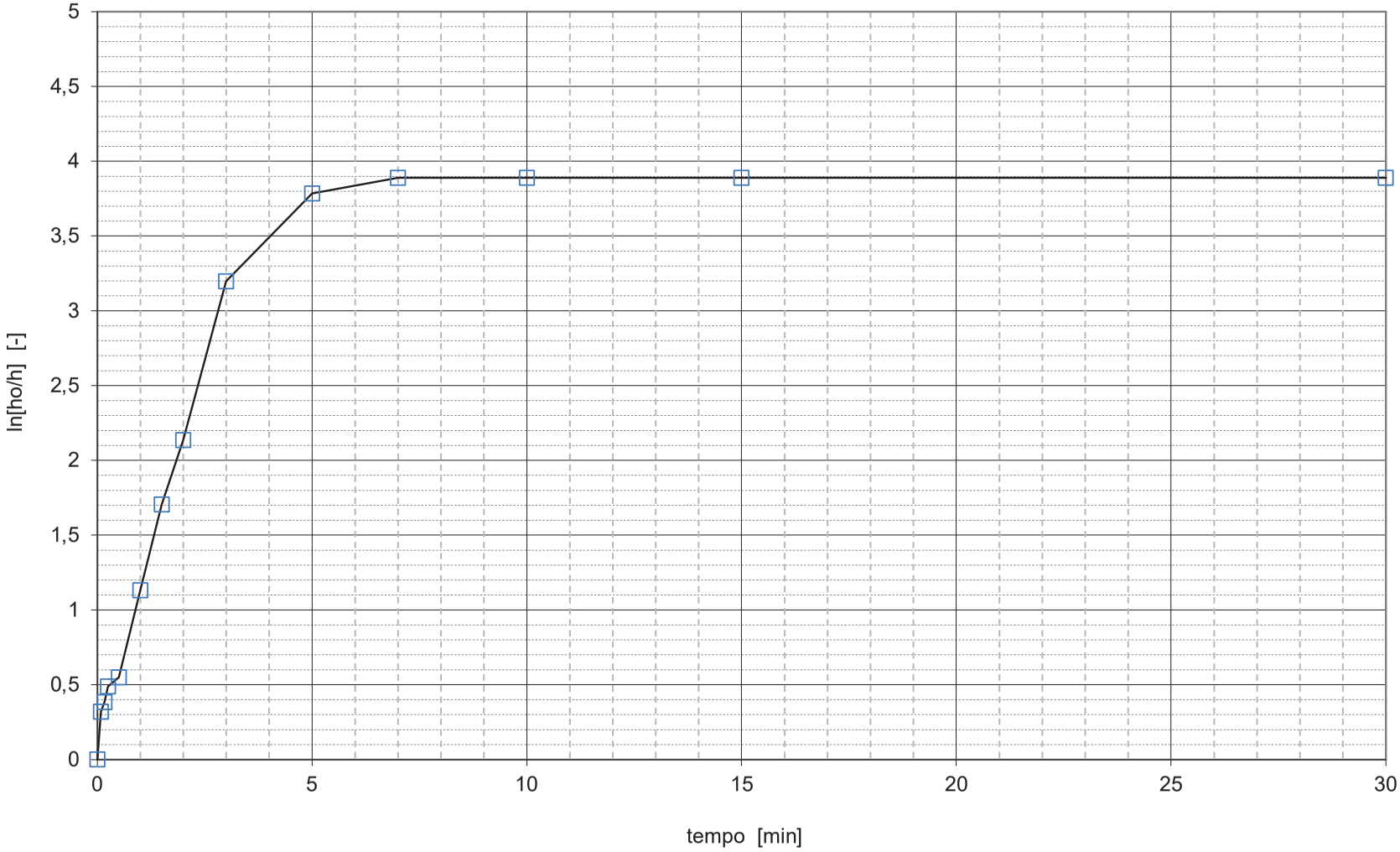
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	2,200	1,000	0,000
0,1	0,600	5	1,600	1,375	0,318
0,2	0,700	10	1,500	1,467	0,383
0,3	0,850	15	1,350	1,630	0,488
0,5	0,930	30	1,270	1,732	0,549
1,0	1,490	60	0,710	3,099	1,131
1,5	1,800	90	0,400	5,500	1,705
2,0	1,940	120	0,260	8,462	2,136
3,0	2,110	180	0,090	24,444	3,196
5,0	2,150	300	0,050	44,000	3,784
7,0	2,155	420	0,045	48,889	3,890
10,0	2,155	600	0,045	48,889	3,890
15,0	2,155	900	0,045	48,889	3,890
30,0	2,155	1800	0,045	48,889	3,890

Coefficiente angolare α	[-]	1,28E-02

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**1,07E-04**

Sw7
LEF 2
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	09/01/2024

Sondaggio n°	Pz4
Prova di permeabilità n°	LEF 1
Profondità da p.c.	1,50

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,152
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,58
Rapporto di forma	L/D	[-]	3,82

Coefficiente di forma	F	[m]	1,779

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,018

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,58
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	1,50
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	0,920

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	1,500

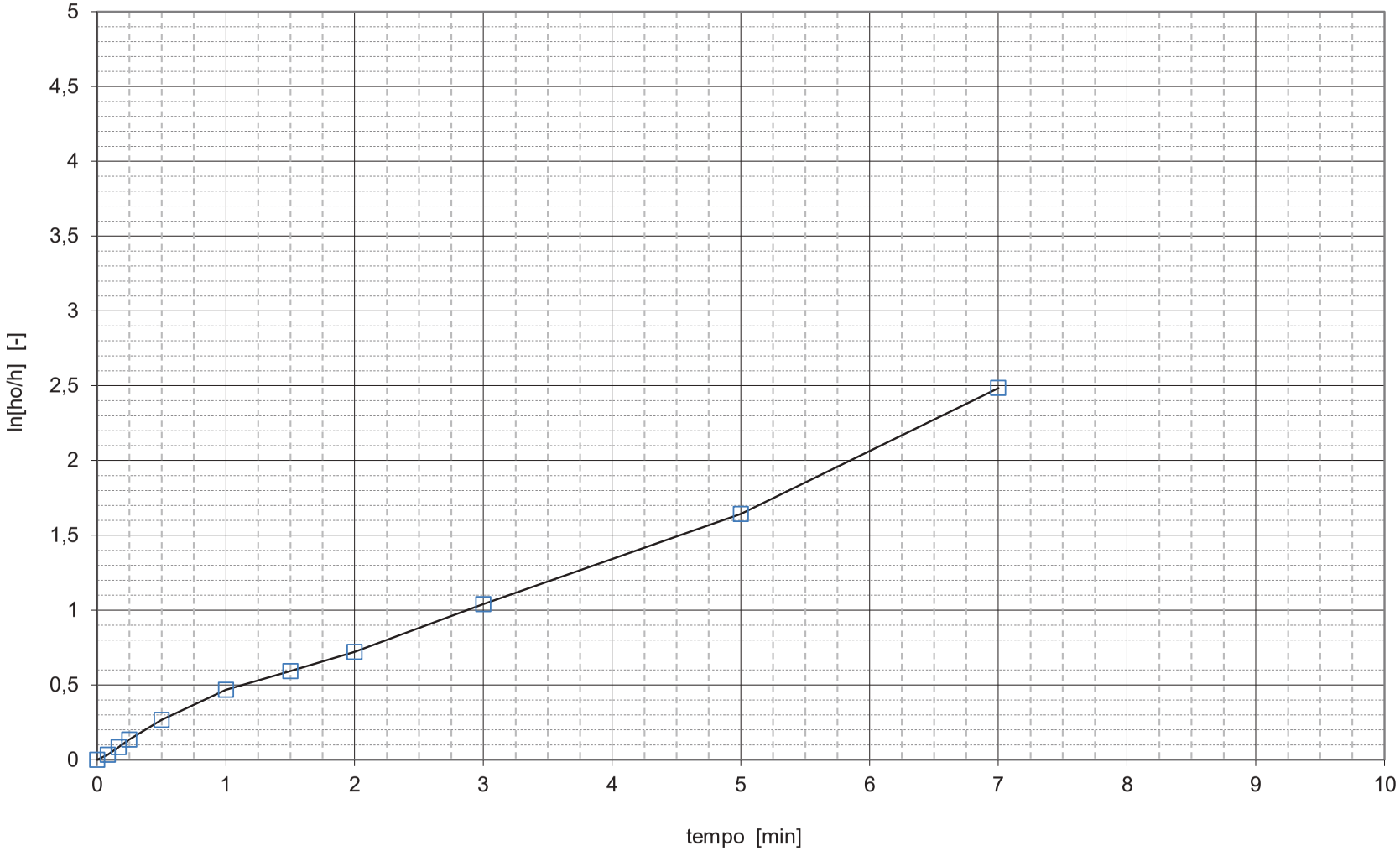
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	1,500	1,000	0,000
0,1	0,050	5	1,450	1,034	0,034
0,2	0,120	10	1,380	1,087	0,083
0,3	0,190	15	1,310	1,145	0,135
0,5	0,350	30	1,150	1,304	0,266
1,0	0,560	60	0,940	1,596	0,467
1,5	0,670	90	0,830	1,807	0,592
2,0	0,770	120	0,730	2,055	0,720
3,0	0,970	180	0,530	2,830	1,040
5,0	1,210	300	0,290	5,172	1,643
7,0	1,375	420	0,125	12,000	2,485
10,0	1,500	600	0,000	-	-

Coefficiente angolare α	[-]	5,63E-03

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**5,74E-05**

Pz4
LEF 1
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile



S.G.M. Geologia e Ambiente S.r.l. a socio unico
Via Maria Majocchi Plattis, 21 – 44124 FERRARA
Tel 0532/977899 – Fax 0532/906907
Internet: www.sgm-ambiente.it
e-mail: **info@sgm-ambiente.it**

COMMITTENTE:

Arcadis Italia s.r.l.
Via Monte Rosa, 93
20149 Milano

REPORT TECNICO

Oggetto: **CAMPAGNA DI INDAGINE SISMICA MASW E HVSR**

Località: **Via Longarone – 20058 Zibido San Giacomo (MI)**

Data emissione documento: *N. archivio:*
Gennaio 2024

INDICE GENERALE

1 PREMESSA....3
2 DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW ed HVSR....3
2.1 ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI (MASW)....3
2.2 ANALISI DEI MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA (HVSR)....5
2.3 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA DI INDAGINE....5
3 RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA....8
3.1 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MASW 1....8
3.2 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI MASW 1....8
3.3 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI INDAGINE PASSIVA....9
3.4 RAPPRESENTAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE....9
3.5 ANALISI DEL PROFILO DELLE VELOCITA'....10
3.6 DETERMINAZIONE DELLE VS30 E DELLA CATEGORIA DI SUOLO....12
3.7 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLA PROVA HVSR 1....13
3.8 TRACCIATI SISMICI DELLA PROVA HVSR....13
3.9 SPETTRI DELLE TRE COMPONENTI....14
3.10 CURVA DEL RAPPORTO h/v PROVA HVSR 1....14
3.11 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MASW 2....16
3.12 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI MASW 2....16
3.13 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI INDAGINE PASSIVA....17
3.14 RAPPRESENTAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE....17
3.15 ANALISI DEL PROFILO DELLE VELOCITA'....18
3.16 DETERMINAZIONE DELLE VS30 E DELLA CATEGORIA DI SUOLO....20
3.17 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLA PROVA HVSR 2....21
3.18 TRACCIATI SISMICI DELLA PROVA HVSR....21
3.19 SPETTRI DELLE TRE COMPONENTI....22
3.20 CURVA DEL RAPPORTO h/v PROVA HVSR 2....22
4 CONCLUSIONI....24

1 PREMESSA

La scrivente SGM GEOLOGIA e AMBIENTE Srl ha eseguito in data 27 Dicembre 2023, per conto di "ARCADIS ITALIA srl" un'indagine sismica mediante il metodo MASW attivo e passivo ed analisi dei microtremori mediante il metodo di Nakamura presso lotto di terreno ubicato nel Comune di Zibido San Giacomo (MI), in Via Longarone.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n°2 stendimenti sismici con metodologia MASW, per la determinazione del profilo verticale delle onde di taglio e del valore Vseq,necessario per la classificazione dei terreni di fondazione degli interventi in progetto nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2018 "D.M. 17 del 17/01/2018" e 2 analisi HVSR per l'individuazione delle frequenze di risonanza del sito in esame.

2 DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW ed HVSR

2.1 ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI (MASW)

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.Le onde di Rayleigh sono generate dall'interazione tra le onde di pressione e le onde di taglio verticali ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Alla superficie libera hanno un moto ellittico retrogrado (antiorario) che si inverte ad una profondità di $\lambda/2\pi$. In un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, le onde di Rayleigh non presentano dispersione e la velocità di propagazione è indipendente dalla frequenza e il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente, sino ad estinguersi ad una profondità pari circa ad una lunghezza d'onda. Da questo deriva che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è stata descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

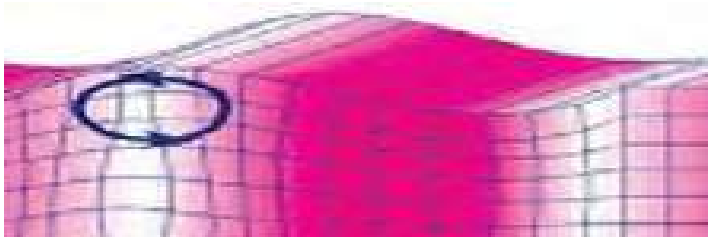


Figura 1 – Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda

In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, le onde superficiali mostrano un carattere fortemente dispersivo, cioè onde con diverse lunghezze viaggiano con diverse velocità di fase e di gruppo (Achenbah, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980). Ciò significa che lunghezze d'onda diverse interessano strati differenti ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione; onde ad alta frequenza (con lunghezza d'onda corta) si propagano negli strati più superficiali mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi.

Per ottenere un profilo delle Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. I dati acquisiti vengono sottoposti successivamente ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione (curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione) caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza.

Esistono diverse tecniche per estrarre dai sismogrammi acquisiti le caratteristiche dispersive del sito.

La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale nel dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal domino x-t (spazio-tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggior contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. La velocità delle onde di Rayleigh è infatti associata ai massimi dello spettro f-k; si può così ottenere una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza un picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh Vr determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$Vr\ (f) = 2\pi\ f/k$$

Riportando le coppie di valori Vr-f in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco–elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterattivo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Il processo di inversione si basa su algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati che consentono di automatizzare la procedura.

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (Vs) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

2.2 ANALISI DEI MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc.. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui. La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un velocimetro triassiale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza). Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e suscettibilità alla liquefazione del terreno);
- ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro V s30 ;
- analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

2.3 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA DI INDAGINE

2.3.1 Indagine MASW

Il metodo di indagine MASW adottato si distingue in:

• Attivo (MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves): i geofoni rilevano le onde superficiali, prodotte da una sorgente impulsiva (massa battente) disposta a piano campagna, che vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza; le frequenze che interessano l'analisi sono generalmente comprese tra 5 e 70 Hz;

• Passivo (REMI - Refractor Microtremor): i geofoni rilevano il rumore naturale (o di fondo); analizza generalmente le frequenze tra 0 e 10 Hz.

La campagna di acquisizione sismica è stata svolta utilizzando un acquisitore sismico della

Sara Electronics Instruments, denominato DoReMi, composto da:

- due serie di cavi da 12 canali ciascuno, per un totale di 24 canali (frequenze variabili di acquisizione di ciascun canale da 200 a 20000 Hz);

- registratore sismico, posizionato in corrispondenza di ogni geofono, per la memorizzazione del dato ricevuto dal sensore e l'invio in modalità digitale al PC;

- convertitore analogico digitale di tipo SAR a 16 bit con una dinamica di 88dB a 10000Hz,;

- interfaccia RS232 sismografo – PC.

L'acquisizione dei dati sismici è così avvenuta:

• metodo attivo (MASW 1): è stata effettuata 1 stesa sismicha con passo intergeofonico di 3 metri e 16 geofoni utilizzando la tecnica dell'interlaccio, ottenendo 1 profilo sismico equivalente ad una stesa di 32 geofoni e passo 1,5 metri ubicata come dalla planimetria riportata di seguito. Si sono acquisiti vari shot ad entrambi gli estremi del profilo in modo da avere un maggior set di dati e poter scegliere quelli più adatti alla successiva elaborazione. La frequenza propria dei sensori è la classica e raccomandata per tale tipologia di indagini (4,5 Hz).

• metodo attivo (MASW 2): è stata effettuata 1 stesa sismicha con passo intergeofonico di 1,5 metri e 24 geofoni ubicata come dalla planimetria riportata di seguito. Si sono acquisiti vari shot ad entrambi gli estremi del profilo in modo da avere un maggior set di dati e poter scegliere quelli più adatti alla successiva elaborazione. La frequenza propria dei sensori è la classica e raccomandata per tale tipologia di indagini (4,5 Hz).

• metodo passivo: sulla stessa stesa utilizzata per il metodo attivo si sono realizzate 2 acquisizioni di sismica passiva, di 1 minuto ciascuna, concatenate, in fase di pre - processing, in un unico file di 2 minuti, in modo da colmare il "vuoto" alle basse frequenze della sismica attiva.

2.3.2 Indagine hvsr

l'indagine hvsr è stata eseguita nelle vicinanze dei profilo masw ed consistita nella registrazione continua dei microtremori. Essendo il sito molto rumoroso, ma con sorgenti molto vicine e sopratutto direzionali, dannose per una buona riuscita della prova è stato necessario acquisire un'ora di dati, al fine di aver maggiori probabilità di selezionare in fase di pre - processing un numero sufficiente di finestre temporali per il calcolo della curva H/V. L'acquisizine è avvenuta a 300 hz.

Per l'indagie si è utilizzato un sismografo triassiale prodotto dalla SARA Electronics Instruments modello SR04 GeoBOX.

Lo strumento consiste in una terna di geofoni disposti nelle tre direzioni convenzionalmente chiamate N, E, le orizzonatali e Z la verticale, i geofoni orientati nelle direzioni N ed E sono geofoni a componente orizzontale mentre quello in dierzione Z ha componente verticale; la frequenza centrale dei geofoni è 4,5 Hz.

L'acquisizione viene governata da PC con apposito software dedicato.

Le caratteristiche salienti sono le seguenti:

- Convertitore analogico digitale a 24 Bit con 144db di dinamica

- frequenza di campionamento selezionabile

- alimentazione a batteria interna

- terna sensori velocimetrici da 4,5 hz

Figura 2 – Ubicazione profili sismici (linee rosse) e registrazioni HVSR (triangoli rossi)

3 RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA

3.1 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MASW 1

Figura 3 – dettaglio profilo sismico

3.2 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI MASW 1

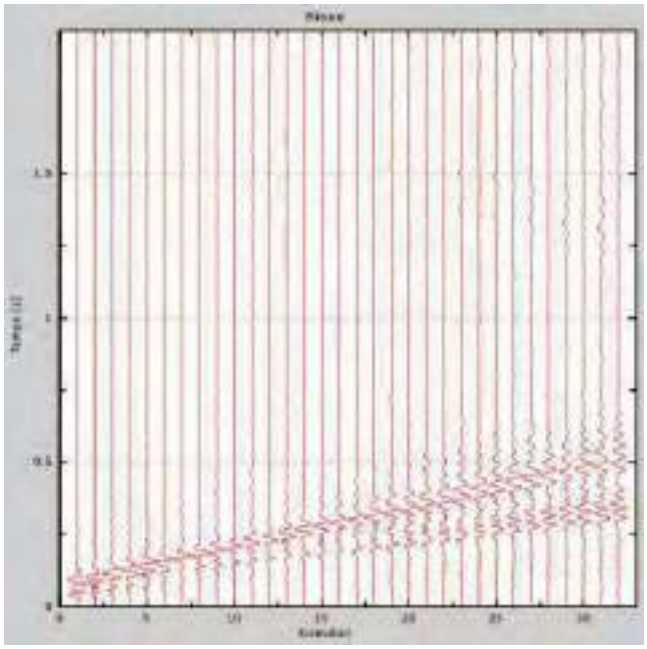


Figura 4 – Tracce sperimentali indagine attiva

3.3 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI INDAGINE PASSIVA

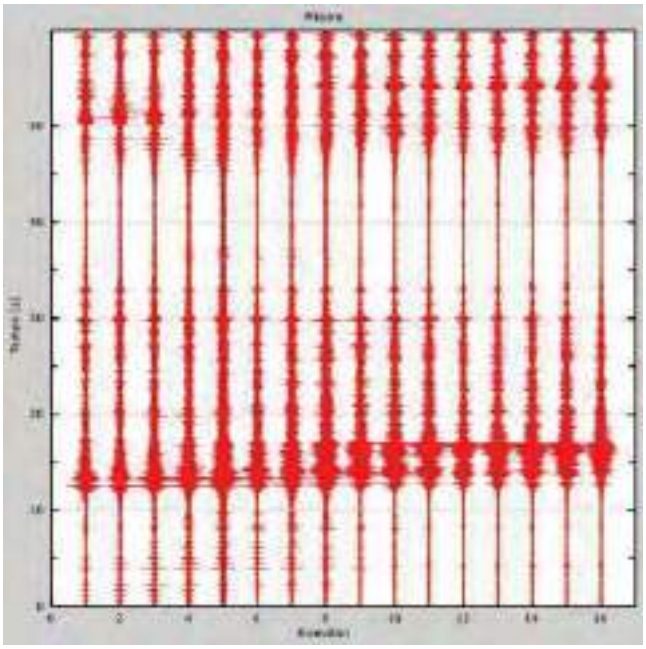


Figura 5 - tracce sperimentali indagine passiva

3.4 RAPPRESENTAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE

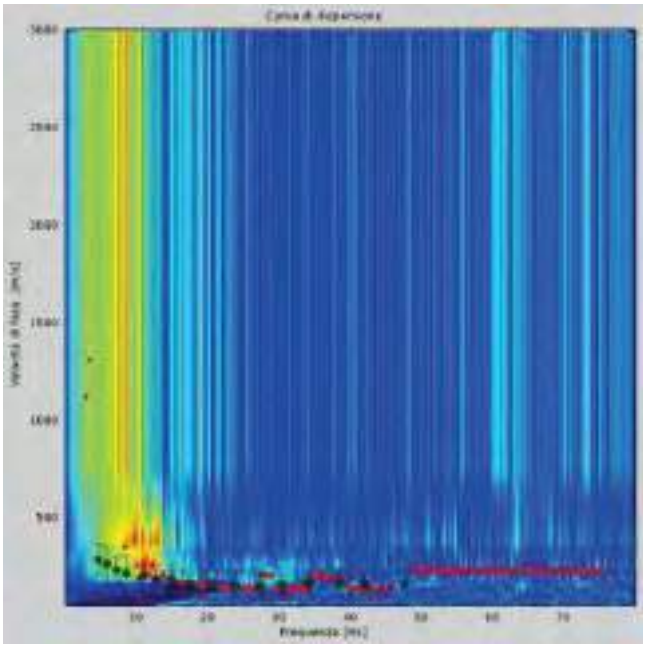


Figura 6 - Curva di dispersione sperimentale

3.5 ANALISI DEL PROFILO DELLE VELOCITA'

Dall'esecuzione dell'indagine sismica è emersa la seguente successione della velocità delle onde sismiche.

Strato	h [m]	z [m]	Vs fin. [m/s]
Strato 1	1,5	-1,5	208
Strato 2	2,0	-3,5	150
Strato 3	3,0	-6,5	191
Strato 4	8,0	-14,5	259
Strato 5	5,0	-19,5	288
Strato 6	11,0	-30,5	318
Strato 7	/	-∞	379

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati.

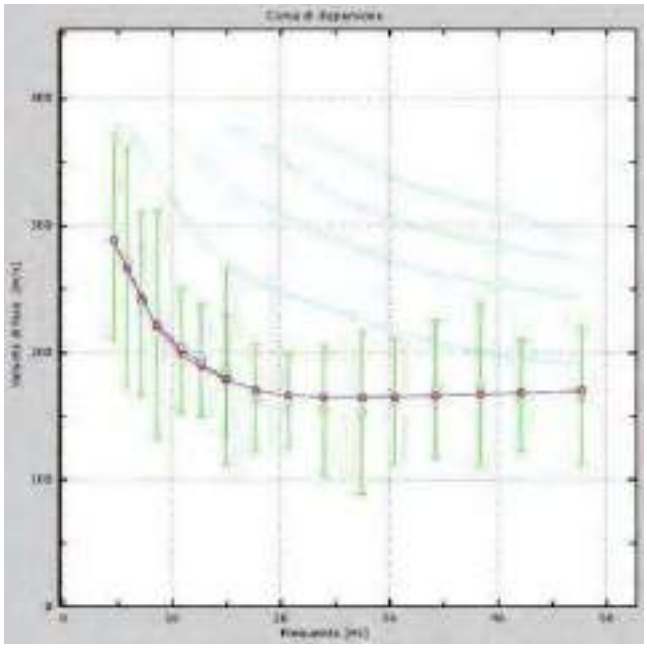


Figura 7 - Velocità numeriche
(Punti sperimentali - verde, modi di Rayleigth - ciano, curva apparente - blu, curva numerica – rosso)

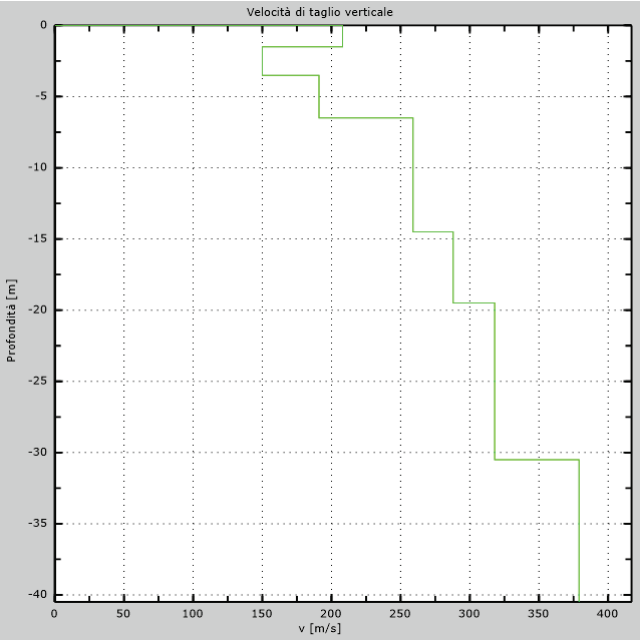


Figura 8 – Profilo verticale di velocità delle Vs

3.6 DETERMINAZIONE DELLE VS30 E DELLA CATEGORIA DI SUOLO

L'indagine sismica, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di -30,00 metri da p.c., ha permesso la determinazione della velocità delle Vs_{eq}, ricavata dalla formula riportata nel D.M. 17 del 17 Gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni":

$$V_{S,eq} \frac{H}{\frac{\sum_{i=1}^{N} h_i}{V_{S,i}}}$$

dove hi e VS,i rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio attraverso lo strato i-esimo entro 30 metri di profondità. H rappresenta la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore:

Vs_{eq} = 255 m/s

I terreni di fondazione interessati dalla progettazione sismica, come prescritto al paragrafo 3.2.2 dal D.M. 17 Gennaio 2018, appartengono a:

suolo di fondazione di tipo C

ovvero, come definito in Tabella 3.2.II (Categorie di sottosuolo): Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs Equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s .

3.7 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLA PROVA HVSR 1

Figura 9 – dettaglio posizionamento prova HVSR 1

3.8 TRACCIATI SISMICI DELLA PROVA HVSR

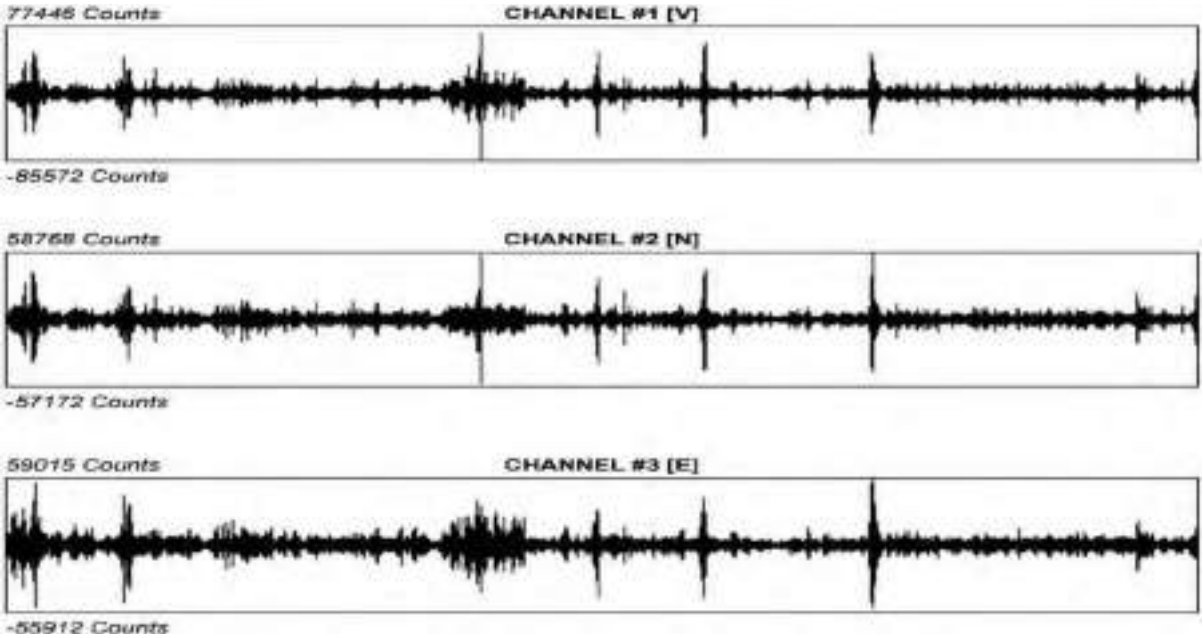


Figura 10 – tracciati sismici prova HVSR 1

3.9 SPETTRI DELLE TRE COMPONENTI

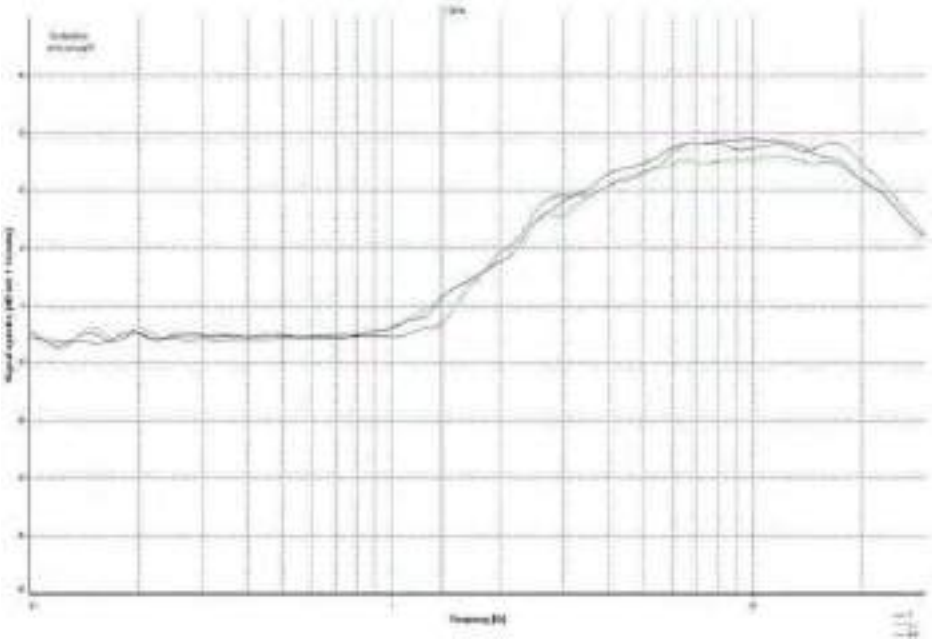


Figura 11 – Spettro componenti Z, N, E

3.10 CURVA DEL RAPPORTO h/v PROVA HVSR 1

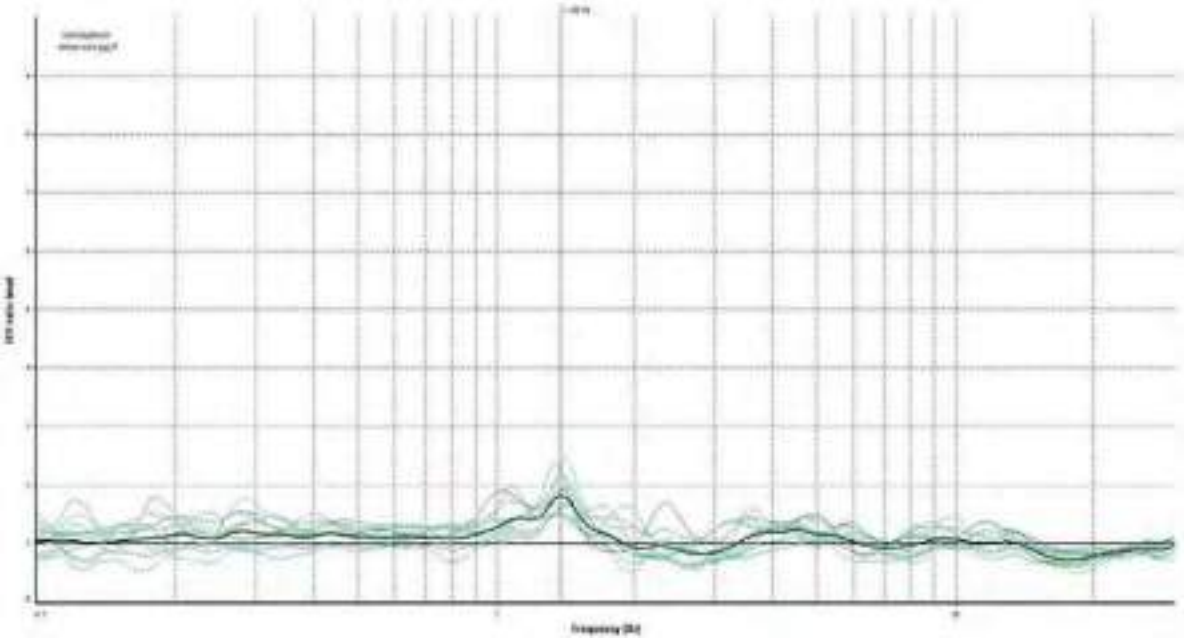


Figura 12 – Curva H/V prova HVSR 1

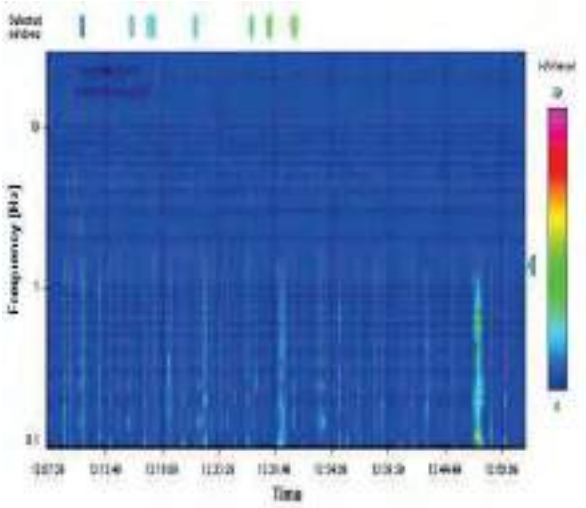
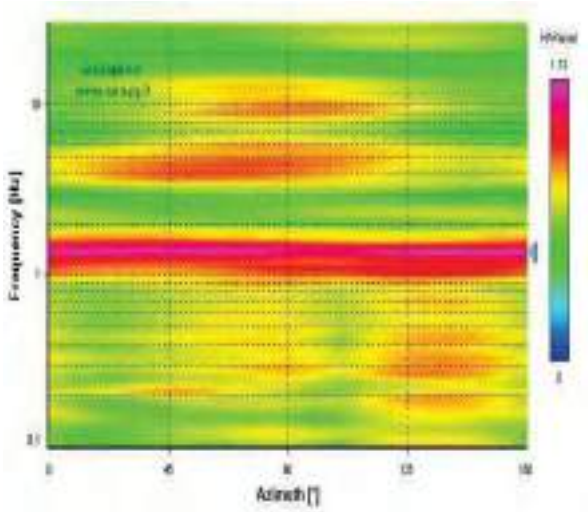
Grafico di Stazionarietà	Grafico di Direzionalità
	

Figura 13 – Grafici di stazionarietà e direzionalità prova HVSR 1

Criteri ammissibilità curva HV	
	Picco f0
Criterio 1	OK
Criterio 2	OK
Criterio 3	OK
Criterio 4	NO
Criterio 5	OK
Criterio 6	NO
Criterio 7	OK

Parametri	Valore
Finestra temporale	20 s
Frequenza massima	20 hz
Numero di Campioni	40
f0	1,380
A0	1,823

3.11 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MASW 2

Figura 14 – dettaglio profilo sismico

3.12 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI MASW 2

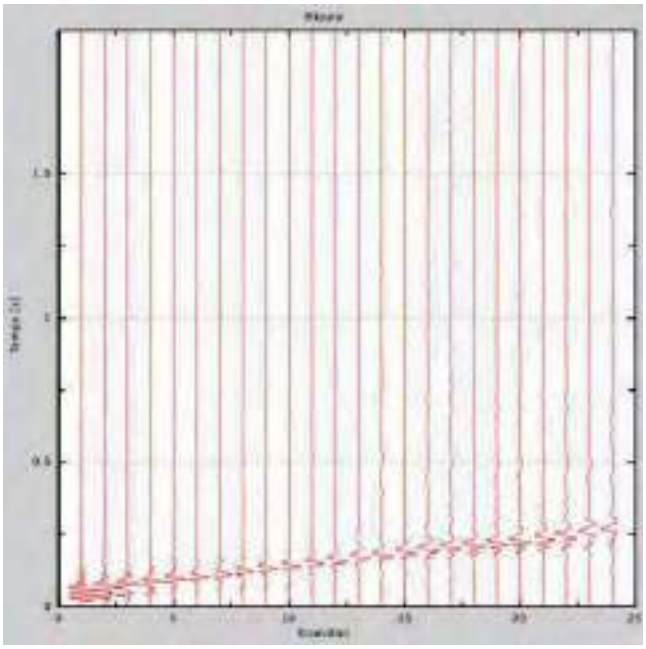


Figura 15 – Tracce sperimentali indagine attiva

3.13 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI INDAGINE PASSIVA

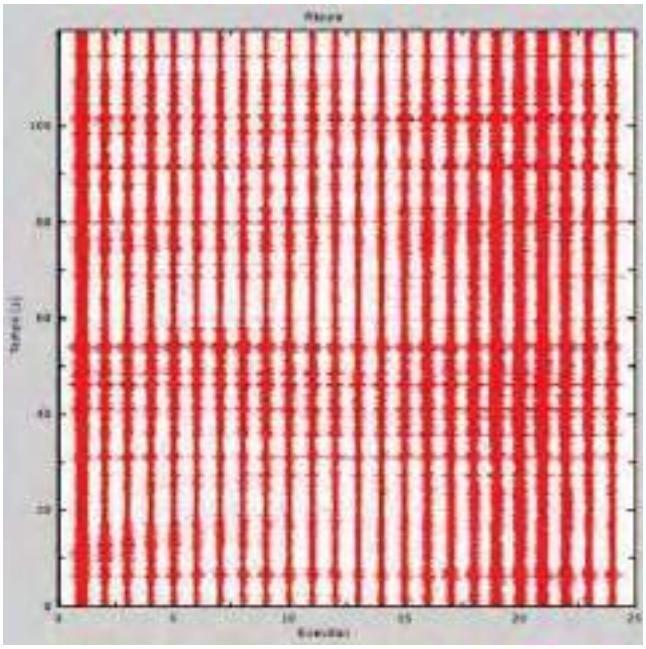


Figura 16 - tracce sperimentali indagine passiva

3.14 RAPPRESENTAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE

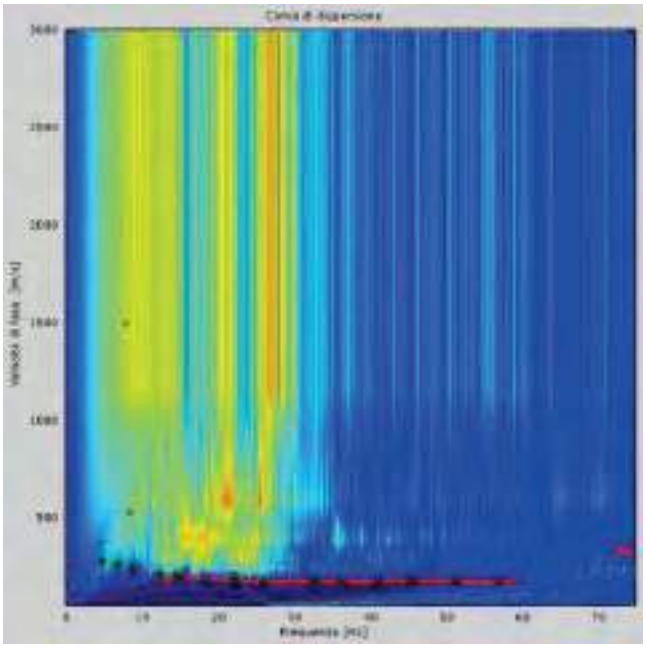


Figura 17 - Curva di dispersione sperimentale

3.15 ANALISI DEL PROFILO DELLE VELOCITA'

Dall'esecuzione dell'indagine sismica è emersa la seguente successione della velocità delle onde sismiche.

Strato	h [m]	z [m]	Vs fin. [m/s]
Strato 1	2,0	-2,0	199
Strato 2	3,0	-5,0	183
Strato 3	3,0	-8,0	239
Strato 4	4,0	-12,0	251
Strato 5	9,0	-21,0	295
Strato 6	11,0	-32.0	315
Strato 7	/	-∞	379

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati.

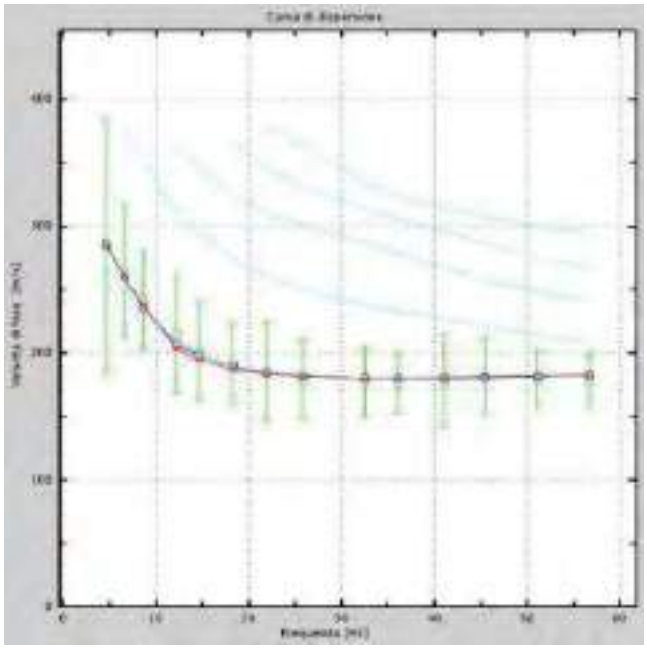


Figura 18 - Velocità numeriche
(Punti sperimentali - verde, modi di Rayleigth - ciano, curva apparente - blu, curva numerica – rosso)

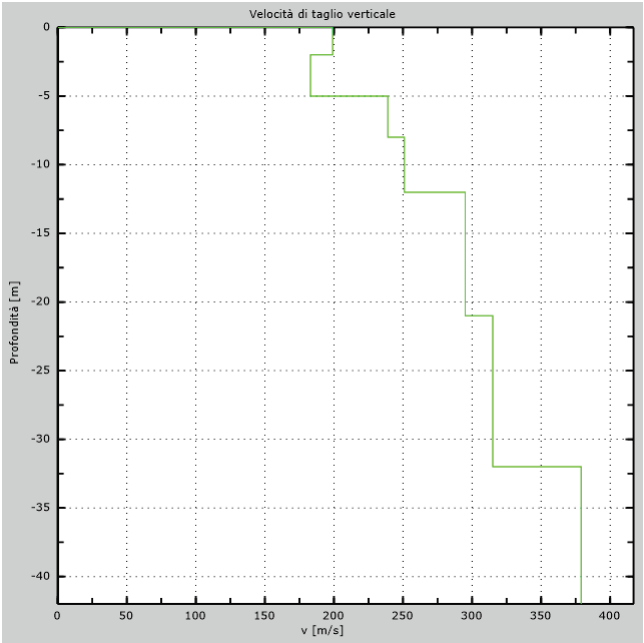


Figura 19 – Profilo verticale di velocità delle Vs

3.16 DETERMINAZIONE DELLE VS30 E DELLA CATEGORIA DI SUOLO

L'indagine sismica, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di -30,00 metri da p.c., ha permesso la determinazione della velocità delle Vs_{eq}, ricavata dalla formula riportata nel D.M. 17 del 17 Gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni":

$$V_{S,eq} \frac{H}{\frac{\sum_{i=1}^{N} h_i}{V_{S,i}}}$$

dove hi e VS,i rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio attraverso lo strato i-esimo entro 30 metri di profondità. H rappresenta la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore:

Vs_{eq} = 263 m/s

I terreni di fondazione interessati dalla progettazione sismica, come prescritto al paragrafo 3.2.2 dal D.M. 17 Gennaio 2018, appartengono a:

suolo di fondazione di tipo C

ovvero, come definito in Tabella 3.2.II (Categorie di sottosuolo): Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs Equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s .

3.17 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLA PROVA HVSR 2

Figura 20 – dettaglio posizionamento prova HVSR 2

3.18 TRACCIATI SISMICI DELLA PROVA HVSR

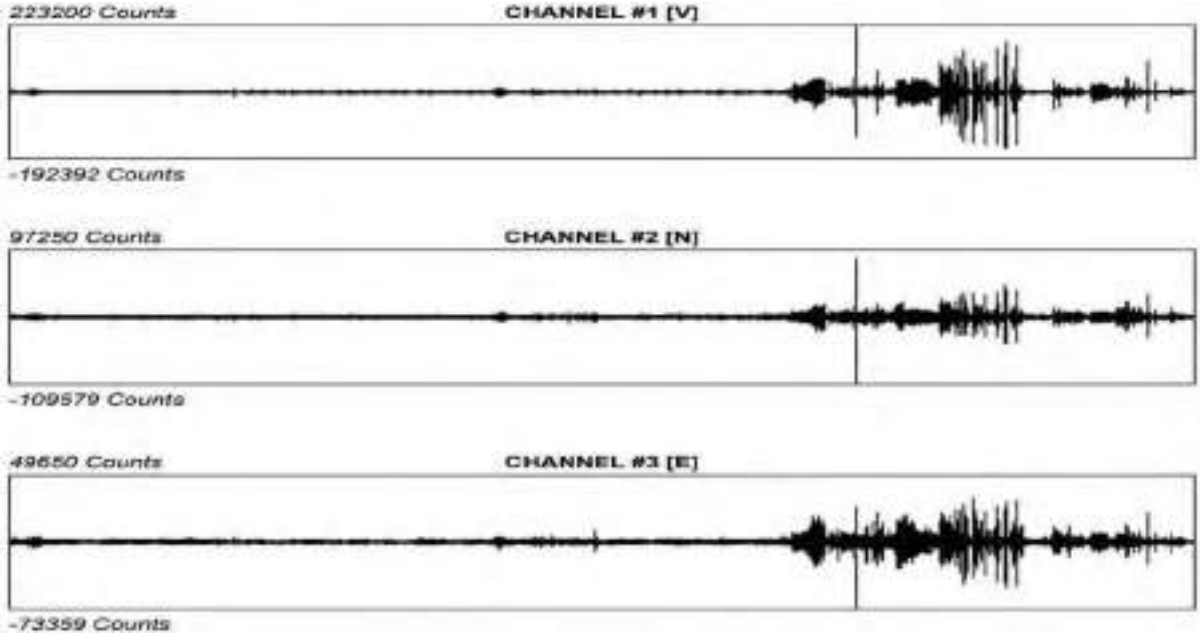


Figura 22 – tracciati sismici prova HVSR 2

3.19 SPETTRI DELLE TRE COMPONENTI

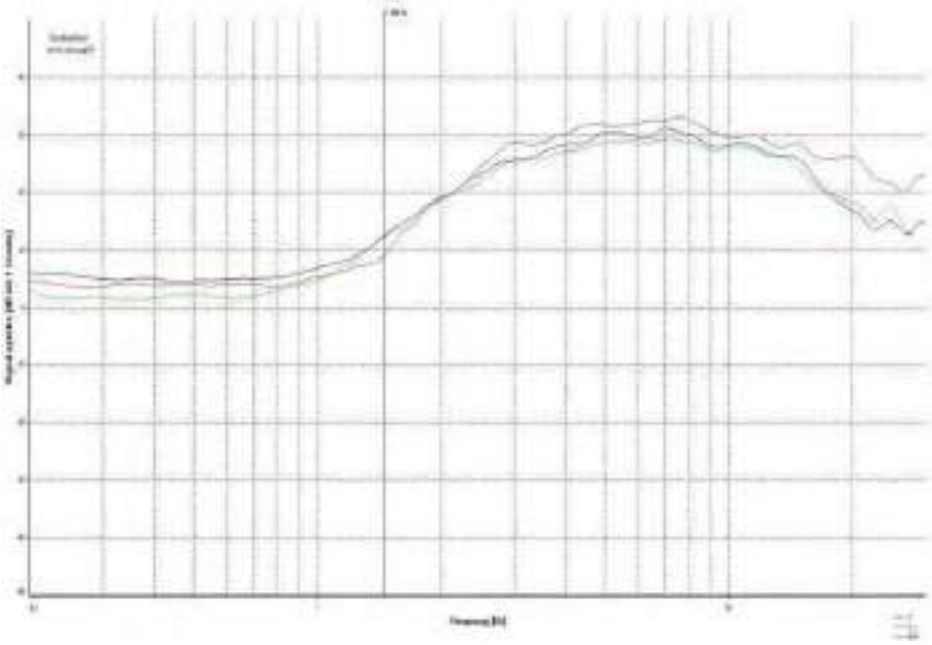


Figura 23 – Spettro componenti Z, N, E

3.20 CURVA DEL RAPPORTO h/v PROVA HVSR 2

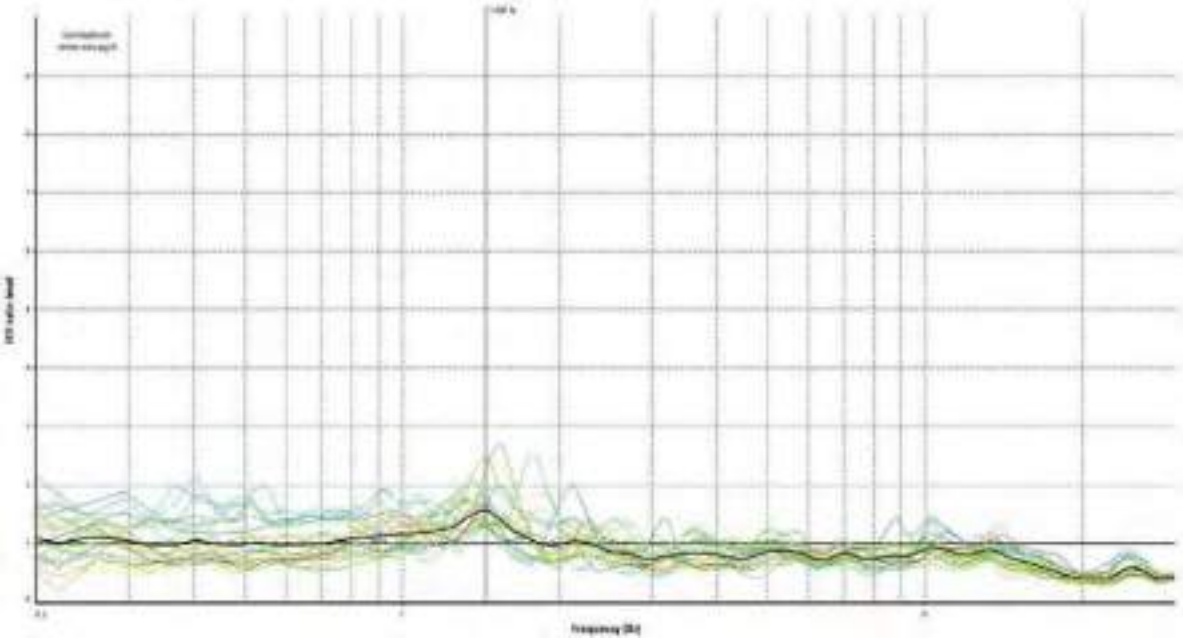


Figura 24 – Curva H/V prova HVSR 2

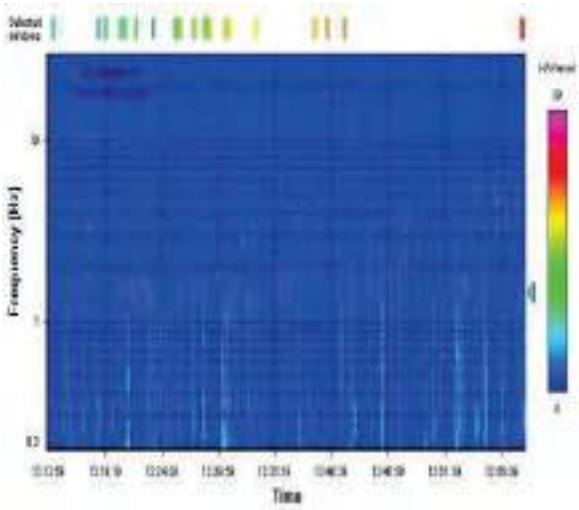
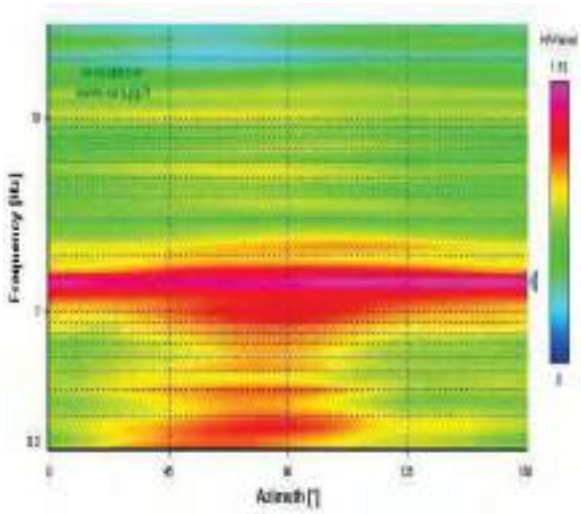
Grafico di Stazionarietà	Grafico di Direzionalità
	

Figura 25 – Grafici di stazionarietà e direzionalità prova HVSR 2

Criteri ammissibilità curva HV SoftwareHV Roma	
	Picco f0
Criterio 1	OK
Criterio 2	OK
Criterio 3	OK
Criterio 4	NO
Criterio 5	OK
Criterio 6	NO
Criterio 7	OK

Parametri	Valore
Finestra temporale	20 s
Frequenza massima	20 hz
Numero di Campioni	40
f0	1,445
A0	1,574

4 CONCLUSIONI

L'investigazione sismica ha permesso di individuare la velocità delle onde S nei primi 30 metri di profondità nel sito indagato. Dall'analisi ed elaborazione dei dati è emerso che la Vs Equivalente in corrispondenza del profilo sismico analizzato è tipica di suoli di tipo C.

L'analisi dei microtremori a stazione singola ha permesso di individuare alcuni picchi indice di frequenze alle quali i siti in esame potrebbero entrare in risonanza, in caso di evento sismico, si tratta comunque di picchi di scarsa ampiezza a bassa frequenza riconducibili ad un debole contrasto di impedenza stimabile tra gli 80 ed i 100 metri di profondità, ipotizzando che il trend sismico individuato con le Masw continui con linearità in profondità.

Per la prova HVSR 1 si è individuato un picco alla frequenza f0 di 1,380 Hz e A0 1,823.

Per la prova HVSR 2 si è individuato un picco alla frequenza f0 di 1,445 Hz e A0 1,574.

Client:

ARCADIS Italia S.r.l.

Survey site:

Viale Longarone, Zibido San Giacomo (MI)

Geophysical survey for the measurement of soil electrical resistivity and soil thermal resistivity

Report n:	23-421
Written by:	Dott. Tobia Bigini, Ing. Fabrizio Fantini
Checked da:	Dott. Geol. Mario Naldi
Date:	December 2023
Revision:	0

Table of contents

1. INTRODUCTION 1
2. SURVEY LOCATION 2
3. INSTRUMENTS AND PROCESSING SOFTWARE 3
4. SURVEY RESULTS 5
4.1. ELECTRICAL RESISTIVITY MEASUREMENT 5
4.2. THERMAL RESISTIVITY MEASUREMENT 6

Attached:

Drawing 1	Survey location on aerial photo (from *Google Earth Pro*)
Drawings 2÷5	VES profiles and ERT sections
Drawings 6÷9	Thermal resistivity of the soil

Appendix A	Measurement of electrical resistivity on an average soil sample (laboratory test)
Appendix B	Technical specifications

1. INTRODUCTION

This report illustrates and describes the geophysical investigations performed on 18-19-20 December 2023, on behalf of ARCADIS Italia S.r.l., within an area located in Viale Longarone, in the municipal territory of Zibido San Giacomo (Figure 1). The investigations are aimed at the evaluation of the subsoil electrical and thermal resistivity. For this purpose, in agreement with the client, the investigation plan included:

1. N° 4 multi-electrode Electrical resistivity Tomography sections (ERT), from which as many vertical electrical soundings (VES) were extracted.
2. N° 4 measurements of soil thermal resistivity (PIT);
3. Nº 1 laboratory electrical resistivity measurement on an average soil sample.

The location of these tests is shown in Figure 1 and in Drawing 1 (in attachment).

The results of the investigations are shown in the attached drawings and commented in the following pages.

Figure 1 – Location of the in-situ investigations

2. SURVEY LOCATION

The geophysical surveys (VES and PIT) were positioned with a GPS topographic survey (Leica GS14) with RTK type correction, which guarantees an accuracy ± 2 [cm] (https://www.spingnss.it/spiderweb/frmIndex.aspx).

The location of the geoelectric sections (ERTs) was defined on site in relation to site conditions and because of an adequate characterization of the entire area under investigation. The sections involved the placement of 24 electrodes with 3 m spacing (length of each spread equal to 69 m). Thermal resistivity tests were performed approximately in the center of each geoelectric layout. The soil sample for laboratory electrical resistivity measurement was taken near ERT4 section.

The coordinates of the start and end points of the geoelectric spreads, thermal test points, and soil sample collection are given in Table 1 and Drawing 1 in the UTM WGS84 reference system (32N zone).

Table 1 – UTM WGS84 (zone 32N) coordinates of the survey points

Test	Reference Point	East [m]	North [m]
ERT 1	A (0 m)	509808.45	5023414.02
	B (69 m)	509818.16	5023345.70
ERT 2	C (0 m)	509901.29	5023341.94
	D (69 m)	509926.09	5023406.29
ERT 3	E (0 m)	509800.28	5023497.95
	F (69 m)	509852.01	5023452.28
ERT 4	G (0 m)	509909.79	5023483.93
	H (69 m)	509970.21	5023450.55
PIT 1	P1	509813.31	5023381.31
PIT 2	P2	509914.31	5023375.42
PIT 3	P3	509825.20	5023476.08
PIT 4	P4	509938.85	5023467.81
Soil sample	C1	509938.85	5023467.81

3. INSTRUMENTS AND PROCESSING SOFTWARE

The acquisition of geoelectrical data was carried out with a 72-channel Syscal Pro georesistivimeter (Iris Instruments, Fr, photograph in Figure 2) and the use of No. 24 stainless steel electrodes connected by multipole cables. A mixed Wenner-Schlumberger sequence, prepared using Electre Pro software (Iris Instruments, Fr), was adopted for the acquisition of electrical resistivity data.

Figure 2 - Georesistivimeter Syscal Pro

The following programs were used for geoelectrical data processing:

- → Prosys III (Iris Instruments, Fr): allows preliminary processing of apparent electrical resistivity data (filtering and topographic correction of data);
- → Res2DINV V.3.71 (Geotomo Software, Mal): performs numerical inversion of the data and restitution of the tomographic section of real electrical resistivity;
- → Surfer 13.6.618 (Golden Software, USA): performs data gridding (kriging method) and graphical representation of tomographic sections.

The on-field measurements of thermal resistivity were made using the instrumentation MAE model A5000T, designed exclusively for thermal resistivity measurements of soils; the measurement was carried out using a probe tip (model CTS-120) connected to the receiver (photograph in Figure 3).

For each survey point (PIT 1÷4), two holes were drilled in the ground, about 1 m deep, to insert the probe. N. 2 thermal resistivity tests were performed in each hole: in such a manner N. 4 tests were performed for each survey point.

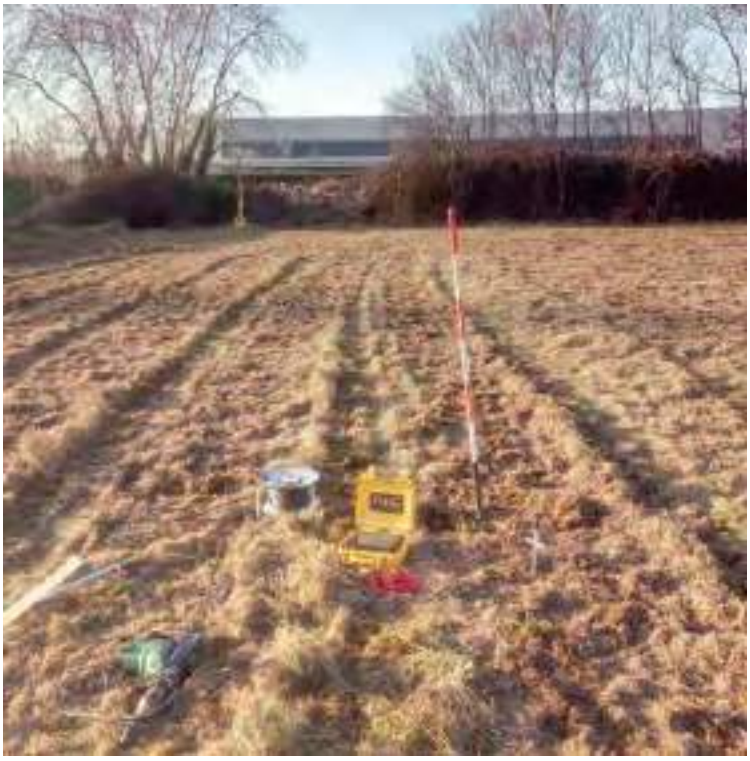


Figure 3 – Receiver A500T with needle probe CTS-120

The measurement method is based on the nonstationary sensor technique, using a probe (also known as “thermal needle”), which integrates both a heating wire and a temperature sensor. The probe is inserted into the soil, and by analyzing its response to a heating cycle lasting several minutes, thermal resistivity (or its inverse, conductivity) can be calculated. The measurement principle relies on a distinctive characteristic of a straight-line heat source (the heating wire of the probe): after a brief stabilization period, the temperature rise depends solely on the heating power and the thermal conductivity of the soil. For the thermal resistivity measurement, a 300-second data acquisition period was conducted with a heater voltage of 4 V.

4. SURVEY RESULTS

4.1. ELECTRICAL RESISTIVITY MEASUREMENT

The tomographic models of 2D electrical resistivity (ERT sections) and the corresponding vertical profiles of electrical resistivity (VES) are shown in the attached Drawings 2÷5. The electrical resistivity profiles are shown in both graphical and tabular form (also presented in the following Tables); electrical resistivity values are presented in logarithmic (base 10) and linear scales.

Table 2: VES soundings

VES 1		
Depth [m]	**Rho [log (Ω·m)]**	**Rho [Ω·m]**
0	3.08	1194.0
-1	3.17	1481.3
-2	3.56	3625.3
-3	3.91	8219.1
-4	4.21	16304.9
-5	4.26	18373.9
-6	4.23	16900.8
-7	4.24	17452.8
-8	4.21	16240.4
-9	3.90	7913.6
-10	3.59	3885.8
-11	3.41	2561.8
-12	3.33	2140.6
-13	3.28	1904.8

VES 2		
Depth [m]	**Rho [log (Ω·m)]**	**Rho [Ω·m]**
0	2.82	667.7
-1	2.93	855.0
-2	3.40	2519.1
-3	4.03	10828.8
-4	4.68	47733.2
-5	4.80	63271.0
-6	4.76	57807.7
-7	4.83	68107.2
-8	4.76	57702.7
-9	4.17	14727.3
-10	3.48	3027.1
-11	2.97	924.8
-12	2.60	394.2
-13	2.29	196.2

VES 3		
Depth [m]	**Rho [log (Ω·m)]**	**Rho [Ω·m]**
0	2.04	108.4
-1	2.04	108.7
-2	2.04	110.9
-3	2.06	115.3
-4	2.08	121.3
-5	2.09	123.0
-6	2.09	123.6
-7	2.10	126.0
-8	2.10	124.7
-9	2.06	114.2
-10	2.00	98.9
-11	1.86	72.9
-12	1.69	49.2
-13	1.53	34.2

VES 4		
Depth [m]	**Rho [log (Ω·m)]**	**Rho [Ω·m]**
0	2.60	401.5
-1	2.57	372.2
-2	2.43	266.9
-3	2.25	176.6
-4	2.07	117.2
-5	2.05	111.6
-6	2.06	114.8
-7	2.06	114.1
-8	2.06	114.4
-9	2.04	108.9
-10	2.01	102.1
-11	1.97	93.2
-12	1.92	83.8
-13	1.88	75.6

The results are not homogeneous and are distinguishable into two categories:

→ VES1 and VES2 show really high-resistivity values; the presence of a HDPE sheet (*or similar)* hinders the flow of current, electrically insulating the ground;

→ VES3 presents medium-low values of resistivity (Rho = 100÷125 Ω·m) for the first ten meters of depth, values that gradually decrease in the deeper levels (Rho = 30÷50 Ω·m);

→ VES4 is analogue to VES3 from 4 m b.g.l. down to 13m b.g.l. (Rho = 100÷120 Ω·m) but presents a medium-high resistivity layer (Rho = 200÷400 Ω·m), about 2-3 meters thick, that represents the surface agricultural soil.

The laboratory test performed on the disturbed medium sample (see certificate in Appendix A) gives a resistivity of 69.44 Ω·m, which is significantly lower than that from the in situ tests: this discrepancy is due to the different measurement conditions in terms of the degree of confinement (density), saturation and homogeneity.

4.2. THERMAL RESISTIVITY MEASUREMENT

The numerical data acquired at each individual measuring station (4 measurements divided in 2 holes for each station) were processed using CT-LAB software. All the measurements show a good qualitative trend in the ΔT (°C) - time (s) curve, and the processed data are shown in the attached Drawings 6÷9, in which the measured data and the calculated thermal resistivity and conductivity values are given for each individual survey point. The summary of the results is presented in Table 3, indicating minimum, maximum and average values for each measurement point.

Table 3 - PIT results

Test	Thermal conductivity [W/mK]			Thermal resistivity [mK/W]		
	min	MAX	Average	min	MAX	Average
PIT 1	**1.33**	**2.42**	**1.88**	**0.41**	**0.75**	**0.57**
PIT 2	**2.60**	**3.29**	**2.78**	**0.30**	**0.39**	**0.36**
PIT 3	**0.97**	**1.83**	**1.41**	**0.55**	**1.04**	**0.77**
PIT 4	**1.19**	**1.20**	**1.19**	**0.84**	**0.84**	**0.84**

The Italian standard rule for the design/sizing of the underground electric cables (CEI 20-21) considers a range of variation of the average specific resistivity of the soil between 0.7 °C m/W (very wet soil) and 3.0 °C m/W (very dry soil).

In our case, PIT tests 3 and 4 show homogeneous soils in terms of thermal resistivity and are characterized by low values of thermal resistivity (high conductivity). Test PIT 1 and 2 shows slightly

anomalously low thermal resistivity values (low conductivity), that is probably due to the presence of the HDPE sheet and the higher-than-usual content of water in the ground above the impermeable sheet.

Techgea S.r.l.

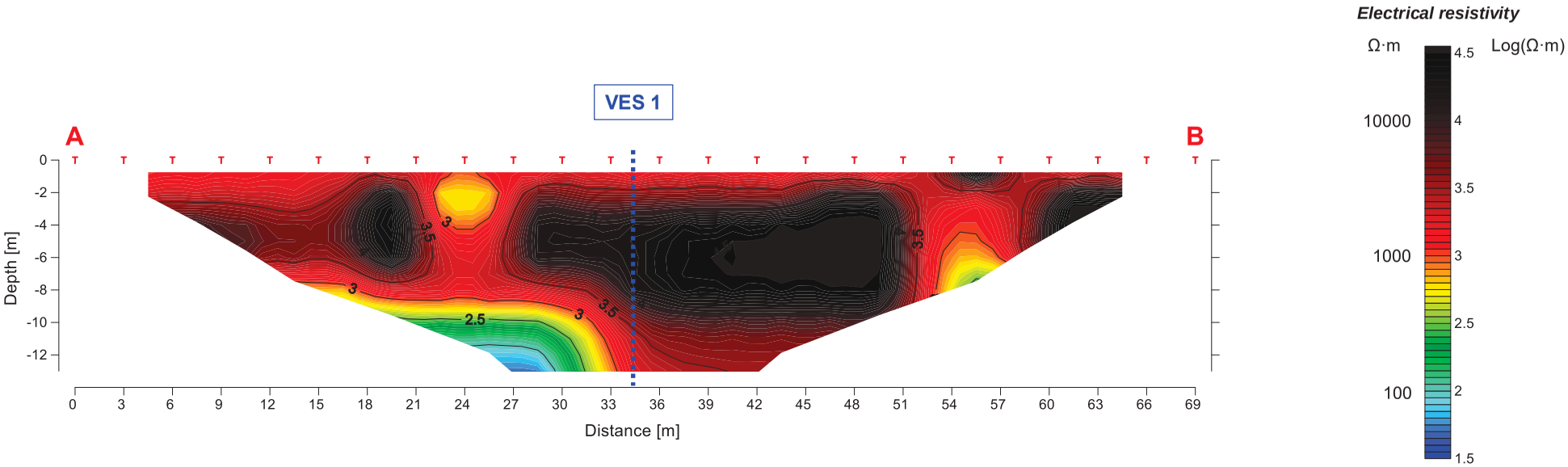
Written by:	Dott. Tobia Bigini	
	Ing. Fabrizio Fantini	
Checked da:	Dott. Geol. Mario Naldi	

Drawings

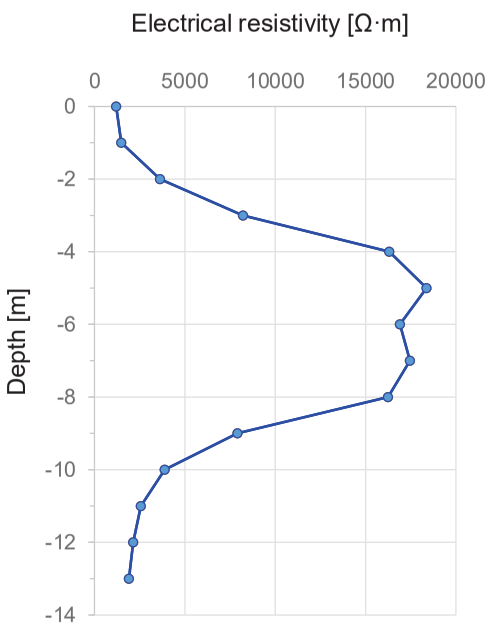
Techgea	*Electrical and thermal soil resistivity tests* ***Survey location (from Google Earth Pro)***	Client: ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site: Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date: December 2023	Drawing: 1

Coordinate system WGS 84 UTM zone 32			
Test	**Reference Point**	**East [m]**	**North [m]**
ERT 1	A [0 m]	509808.45	5023414.02
	B [69 m]	509818.16	5023345.70
ERT 2	A [0 m]	509901.29	5023341.94
	B [69 m]	509926.09	5023406.29
ERT 3	A [0 m]	509800.28	5023497.95
	B [69 m]	509852.01	5023452.28
ERT 4	A [0 m]	509909.79	5023483.93
	B [69 m]	509970.21	5023450.55
PIT 1	P1	509813.31	5023381.31
PIT 2	P2	509914.31	5023375.42
PIT 3	P3	509825.20	5023476.08
PIT 4	P4	509938.85	5023467.81

Techgea	*VES 1 sounding* ***Tomographic model ERT 1 (A→B) e VES 1 profile***	Client: ARCADIS Italia S.r.l. Site: Zibido San Giacomo (MI) Date: December 2023	Report: 23-421 Revision: 0 Drawing: 2



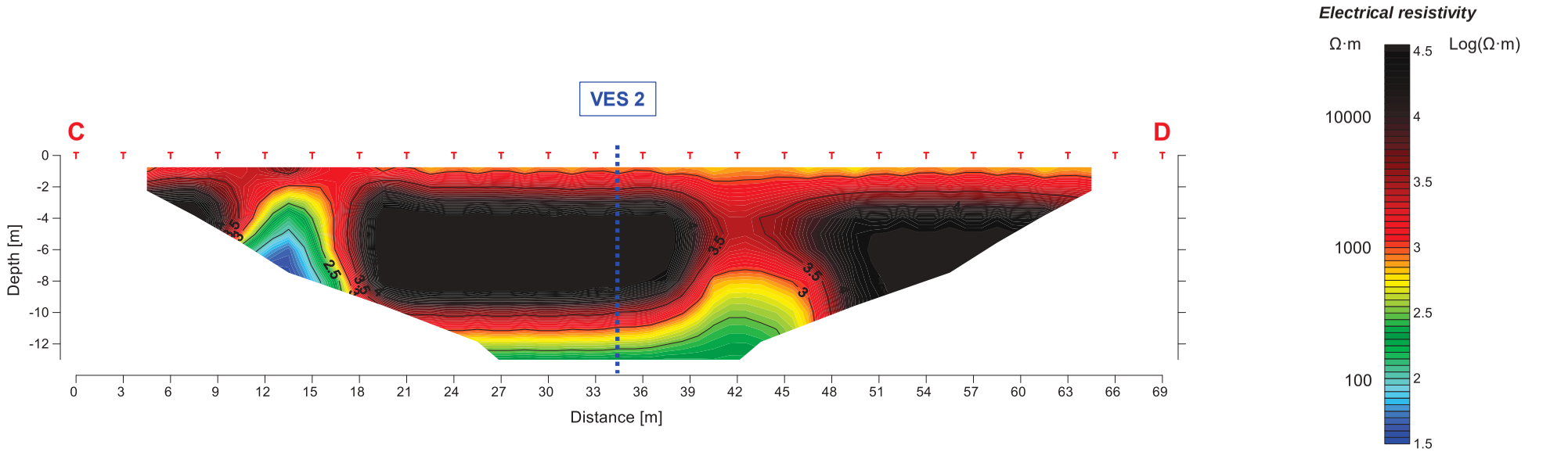
Vertical electrical sounding (VES 1)



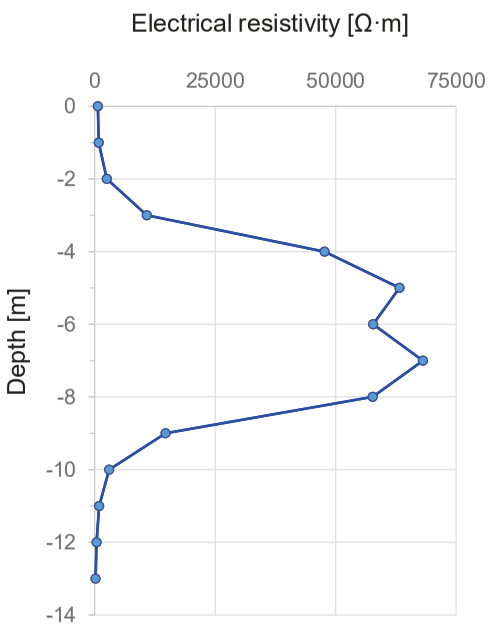
Depth [m]	Rho [log (Ω·m)]	Rho [Ω·m]
0	3.08	1194.0
-1	3.17	1481.3
-2	3.56	3625.3
-3	3.91	8219.1
-4	4.21	16304.9
-5	4.26	18373.9
-6	4.23	16900.8
-7	4.24	17452.8
-8	4.21	16240.4
-9	3.90	7913.6
-10	3.59	3885.8
-11	3.41	2561.8
-12	3.33	2140.6
-13	3.28	1904.8

Test ID	East [m]	North [m]
VES 1	509813.31	5023381.31

Techgea	*VES 2 sounding* ***Tomographic model ERT 2 (C→D) e VES 2 profile***	Client: ARCADIS Italia S.r.l. Site: Zibido San Giacomo (MI) Date: December 2023	Report: 23-421 Revision: 0 Drawing: 3



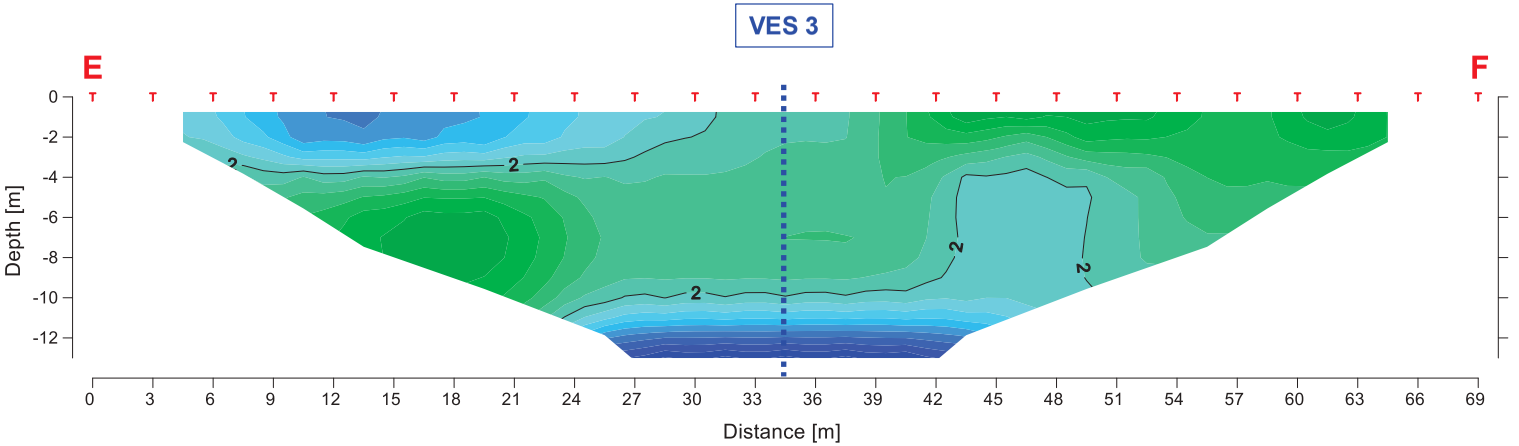
Vertical electrical sounding (VES 2)

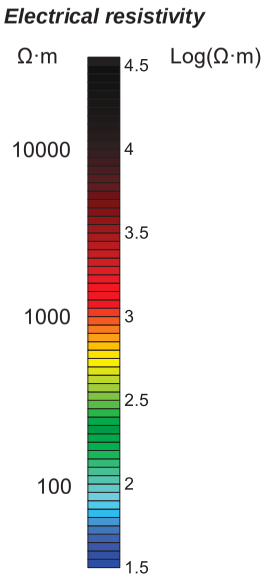


Depth [m]	Rho [log (Ω·m)]	Rho [Ω·m]
0	2.82	667.7
-1	2.93	855.0
-2	3.40	2519.1
-3	4.03	10828.8
-4	4.68	47733.2
-5	4.80	63271.0
-6	4.76	57807.7
-7	4.83	68107.2
-8	4.76	57702.7
-9	4.17	14727.3
-10	3.48	3027.1
-11	2.97	924.8
-12	2.60	394.2
-13	2.29	196.2

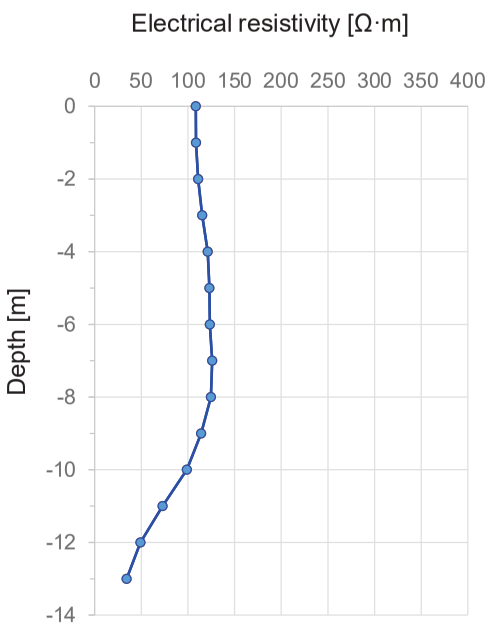
Test ID	East [m]	North [m]
VES 2	509914.31	5023375.42

Techgea	*VES 3 sounding* ***Tomographic model ERT 3 (E→F) e VES 3 profile***	Client: ARCADIS Italia S.r.l. Site: Zibido San Giacomo (MI) Date: December 2023	Report: 23-421 Revision: 0 Drawing: 4





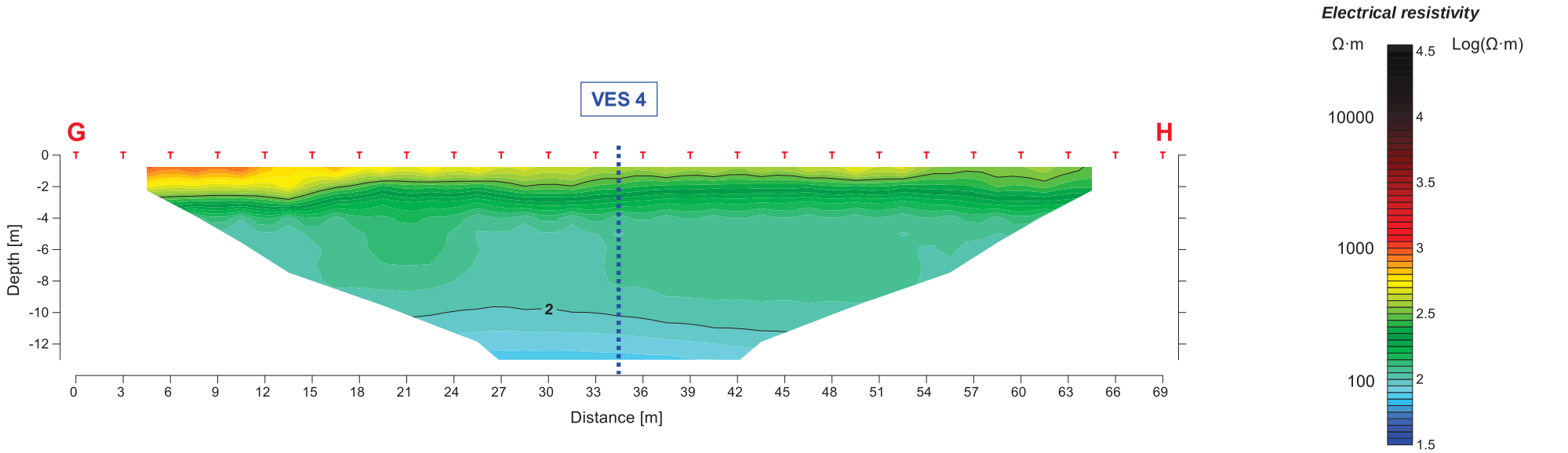
Vertical electrical sounding (VES 3)



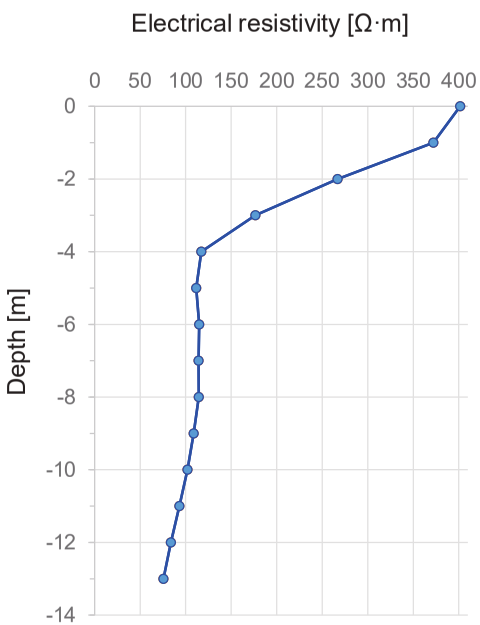
Depth [m]	Rho [log (Ω·m)]	Rho [Ω·m]
0	2.04	108.4
-1	2.04	108.7
-2	2.04	110.9
-3	2.06	115.3
-4	2.08	121.3
-5	2.09	123.0
-6	2.09	123.6
-7	2.10	126.0
-8	2.10	124.7
-9	2.06	114.2
-10	2.00	98.9
-11	1.86	72.9
-12	1.69	49.2
-13	1.53	34.2

Test ID	East [m]	North [m]
VES 3	509825.20	5023476.08

Techgea	*VES 4 sounding* ***Tomographic model ERT 4 (G→H) e VES 4 profile***	Client: ARCADIS Italia S.r.l. Site: Zibido San Giacomo (MI) Date: December 2023	Report: 23-421 Revision: 0 Drawing: 5



Vertical electrical sounding (VES 4)



Depth [m]	Rho [log (Ω·m)]	Rho [Ω·m]
0	2.60	401.5
-1	2.57	372.2
-2	2.43	266.9
-3	2.25	176.6
-4	2.07	117.2
-5	2.05	111.6
-6	2.06	114.8
-7	2.06	114.1
-8	2.06	114.4
-9	2.04	108.9
-10	2.01	102.1
-11	1.97	93.2
-12	1.92	83.8
-13	1.88	75.6

Test ID	East [m]	North [m]
VES 4	509938.85	5023467.81

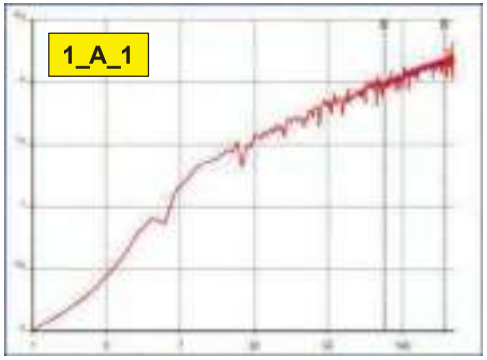
Client:	ARCADIS Italia S.r.l.	Report:	23-421
Site:	Zibido San Giacomo (MI)	Revision:	0
Date:	December 2023	Drawing:	6

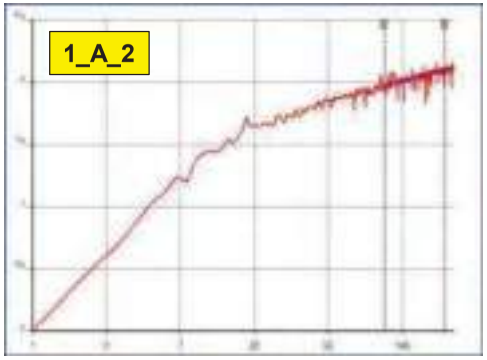
TEST PIT 1
Thermal resistivity of the soil

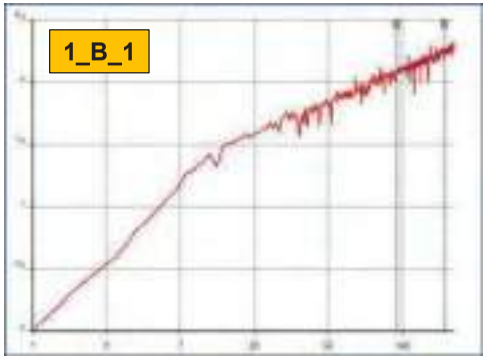
Parameter	Unit	Setting
Resistivity/probe	Ohm/m	83.53
Voltage	V	4
Power	W/m	4.43027
Time	s	300

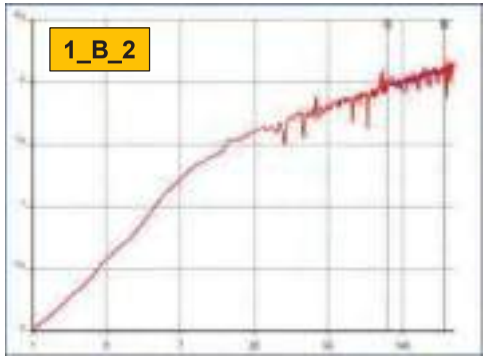
Test PIT 1	Unit	MIN	MAX	AVG
Thermal conductivity	**W/mK**	**1.33**	**2.42**	**1.88**
Thermal resistivity	**mK/W**	**0.41**	**0.75**	**0.57**

Test PIT 1		1_A_1	1_A_2	1_B_1	1_B_2
Parameter	**Unit**	**Calculated parameters**			
Time t1	s	115	115	138	121
Time t2	s	261	261	261	260
Temperature T1	°C	11.64	11.79	12	12.14
Temperature T2	°C	11.83	11.94	12.18	12.27
Parameter	**Unit**	**Results**			
Thermal conductivity	W/mK	1.539	2.417	1.333	2.235
Thermal resistivity	mK/W	0.65	0.414	0.75	0.447
Start Temperature	°C	9.66	9.83	9.93	10.19
End Temperature	°C	11.85	11.96	12.21	12.34







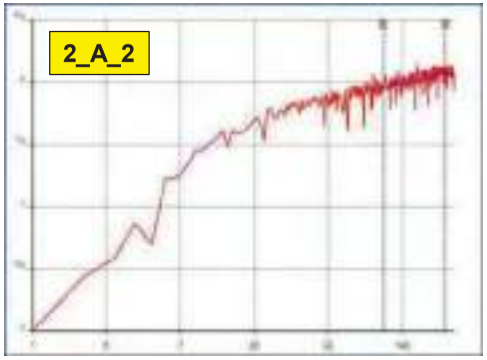


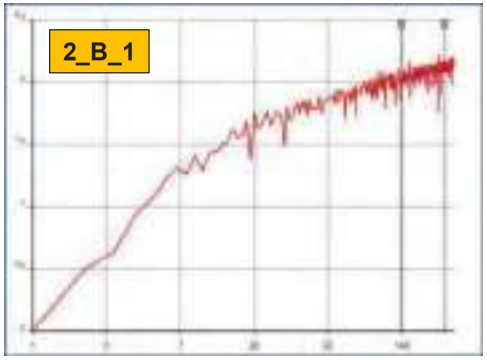
Techgea	*TEST PIT 2* ***Thermal resistivity of the soil***	Client: ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site: Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date: December 2023	Drawing: 7

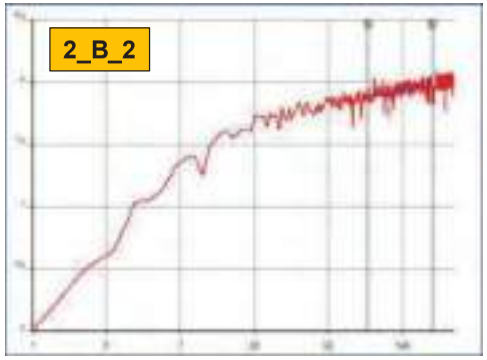
Parameter	Unit	Setting
Resistivity/probe	Ohm/m	83.53
Voltage	V	4
Power	W/m	4.43027
Time	s	300

Test PIT 2	Unit	MIN	MAX	AVG
Thermal conductivity	**W/mK**	**2.60**	**3.29**	**2.78**
Thermal resistivity	**mK/W**	**0.30**	**0.39**	**0.36**

Test PIT 2		2_A_1	2_A_2	2_B_1	2_B_2
Parameter	**Unit**	**Calculated parameters**			
Time t1	s	108	114	146	93
Time t2	s	240	263	261	222
Temperature T1	°C	12.07	12.17	11.97	12.05
Temperature T2	°C	12.22	13.35	12.09	12.17
Parameter	**Unit**	**Results**			
Thermal conductivity	W/mK	2.596	2.611	2.643	3.288
Thermal resistivity	mK/W	0.385	0.383	0.378	0.304
Start Temperature	°C	10.08	10.23	9.98	10.2
End Temperature	°C	12.16	12.3	12.15	12.17







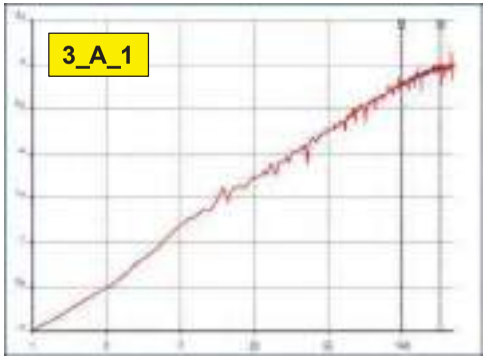
Client:	ARCADIS Italia S.r.l.	Report:	23-421
Site:	Zibido San Giacomo (MI)	Revision:	0
Date:	December 2023	Drawing:	8

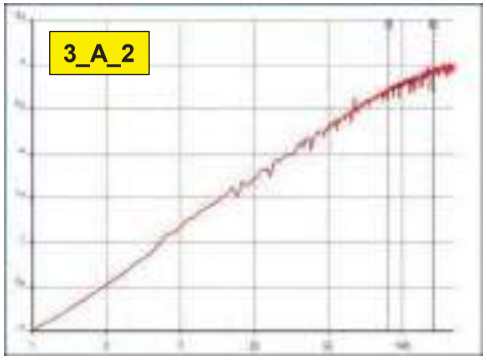
TEST PIT 3
Thermal resistivity of the soil

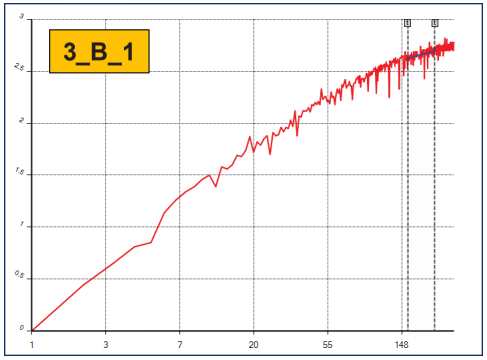
Parameter	Unit	Setting
Resistivity/probe	Ohm/m	83.53
Voltage	V	4
Power	W/m	4.43027
Time	s	300

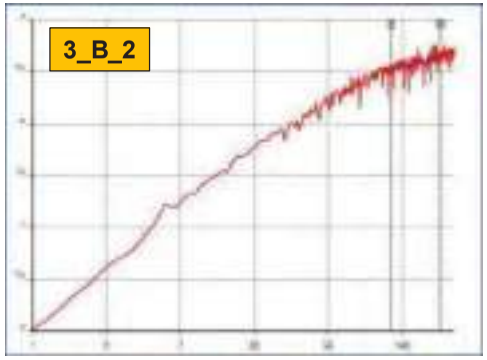
Test PIT 3	Unit	MIN	MAX	AVG
Thermal conductivity	**W/mK**	**0.97**	**1.83**	**1.41**
Thermal resistivity	**mK/W**	**0.55**	**1.04**	**0.77**

Test PIT 3		3_A_1	3_A_2	3_B_1	3_B_2
Parameter	**Unit**	**Calculated parameters**			
Time t1	s	146	123	161	128
Time t2	s	247	224	232	247
Temperature T1	°C	13.05	12.82	12.75	12.69
Temperature T2	°C	13.23	13.17	12.83	12.77
Parameter	**Unit**	**Results**			
Thermal conductivity	W/mK	0.966	1.049	1.798	1.832
Thermal resistivity	mK/W	1.035	0.953	0.556	0.546
Start Temperature	°C	10.26	10.23	10.1	10.2
End Temperature	°C	13.28	13.16	12.88	12.93







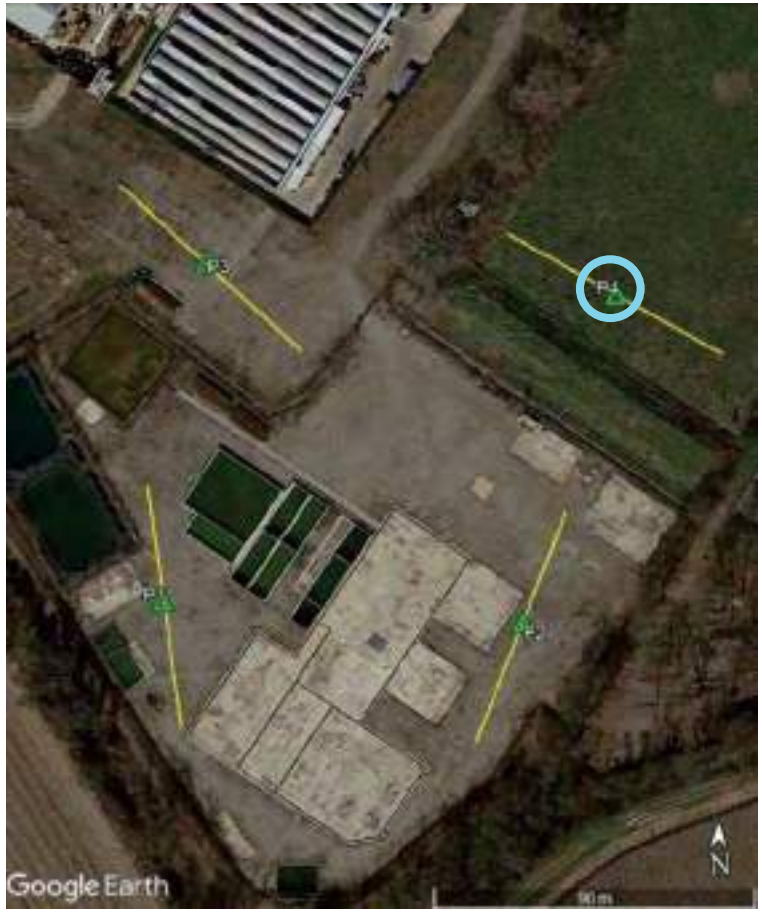


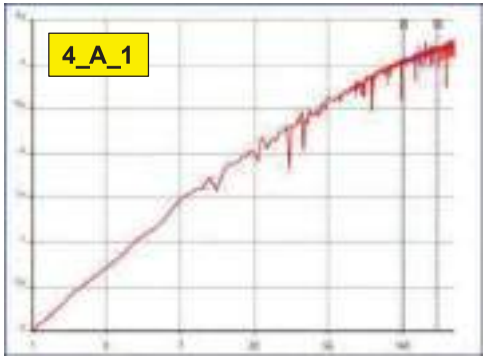
Techgea	*TEST PIT 4* ***Thermal resistivity of the soil***	Client: ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site: Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date: December 2023	Drawing: 9

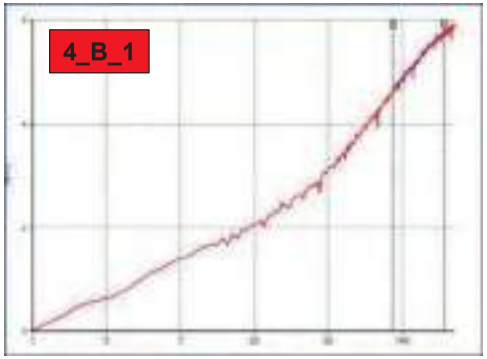
Parameter	Unit	Setting
Resistivity/probe	Ohm/m	83.53
Voltage	V	4
Power	W/m	4.43027
Time	s	300

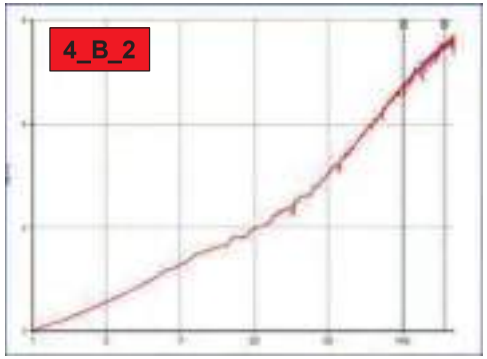
Test PIT 4	Unit	MIN	MAX	AVG
Thermal conductivity	**W/mK**	**1.19**	**1.20**	**1.19**
Thermal resistivity	**mK/W**	**0.84**	**0.84**	**0.84**

Test PIT 4		4_A_1	4_A_2	4_B_1	4_B_2
Parameter	**Unit**	**Calculated parameters**			
Time t1	s	150	80	131	151
Time t2	s	238	227	259	262
Temperature T1	°C	14.15	13.96	15.64	16.12
Temperature T2	°C	14.26	14.36	16.76	16.78
Parameter	**Unit**	**Results**			
Thermal conductivity	W/mK	1.194	1.195	0.217	0.245
Thermal resistivity	mK/W	0.838	0.837	4.6	4.086
Start Temperature	°C	11.09	11.38	10.99	11.35
End Temperature	°C	14.17	14.39	16.92	16.98









Appendix A
Measurement of electrical resistivity on an average soil sample (laboratory test)

ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificate n. 141	**of 15/01/2024**	**Accettamps r 3564**	**of 29/12/2023**

ELECTRICAL RESISTIVITY

CLIENT:	PRESTON ZIBIDO SAN GIACOMO
PROJECT NUMBER:	-
PROJECT NAME:	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
BORING :	-
SAMPLE:	C1 IN CLASSE Q3
DEPTH :	-

Start test date	-	14/01/2024
End test date	-	15/01/2024

EXPERIMENTAL DATA

Remolded Sample		*Ω*m*	**69,44**

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

LABORATORY MANAGER:

Appendix B
Technical specifications

IRIS INSTRUMENTS

RESISTIVITY SOUNDING AND IMAGING SYSTEM

SYSCAL Pro

resistivity & IP equipment

for SOUNDING, IMAGING and MONITORING

SYSCAL Pro Switch MAIN FEATURES

- **The SYSCAL Pro Switch** is a versatile electrical resistivitymeter which combines a transmitter, a receiver and a switching unit in one single casing. It is supplied by a 12V battery.
- **The measurements** are carried out automatically (output voltage, stacking number, quality factor) after selection of limit values by the operator, and are stored in the internal memory.
- **The output specifications** are 800V (1 600V peak-to-peak) in switch mode, 1 000V (2 000V peak-to-peak) in manual mode, 2.5A, and 250W with the internal converter and a 12V battery.
- **The SYSCAL Pro Switch** uses multi-core cables for controlling a set of electrodes connected in a line or in several lines. The standard number of electrodes: 24, 48, 72, 96, 120, can be increased through Switch Pro units for 2D or 3D ground images.
- **The ten channels** of the system permit to carry out up to 10 readings at the same time for a high efficiency.
- **The Induced Polarisation chargeability (IP)** is also measured through 20 windows for a detailed analysis of the decaying curves displayed on the graphic LCD screen.
- **The SYSCAL Pro Switch unit** can be operated with cables in boreholes, or cables pulled on the ground by a vehicle or on the surface of the water by a boat for continuous acquisition surveys.
- **The SYSCAL** can be used for time lapse readings (monitoring)

1D, 2D, 3D, 4D
RESISTIVITY INVESTIGATIONS

for characterizing underground structures:

- ENVIRONMENT
- CIVIL ENGINEERING
- GROUNDWATER
- ARCHAEOLOGY
- MINING EXPLORATION

TEN SIMULTANEOUS CHANNELS:
for high speed data acquisition, up to 1 000 rdgs/mn

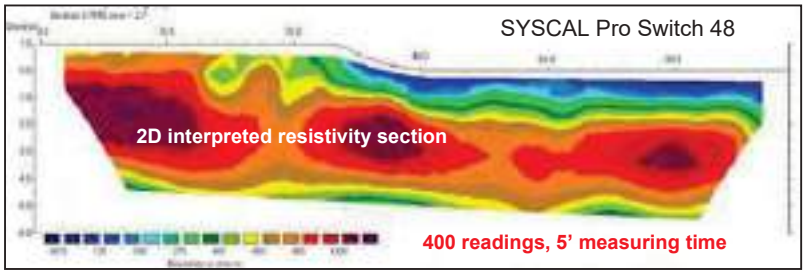
UP TO 800 - 1 000V, 2.5A OUTPUTS:
for penetration & data quality

AUTOMATIC SWITCHING CAPABILITY:
for 24, 48, 72, 96, 120, up to 1 300 electrodes

RESISTIVITY & INDUCED POLARIZATION:
twenty IP chargeability windows

PC SOFTWARE:

- **ELECTRE Pro:** sequence management
- **PROSYS II:** data transfer, process, display
- **COMSYSPro:** control of SYSCAL by PC
- **SYSMAR:** continuous acquisition
- **PROCESSING:** x2ipi (w/seq manag.)
- **INTERPRETE:** ERTLab (w/seq manag.) Res2/3Dinv, IX1D, Winsev



SYSCAL Pro SPECIFICATIONS

TRANSMITTER
- Max voltage: 800V in switch mode
- Max voltage: 1 000V in manual mode
- Max current: 2.5A, typ. accuracy 0.2%
- Max power : 250W with internal DC/DC converter and 12V external battery; 1200W with external AC/DC and Motor Gene.
- Option 25mA max for readings on samples
- Pulse duration: 0.2s, 0.5s, 1s, 2s, 4s, 8s
- Internal 12V, 7Ah battery, plug for ext. batt.

RECEIVER
- Automatic ranging, 10 true differential input channels
- Input impedance: 100 Mohm
- Max input voltage : 15V
- Protection up to 1 000V
- Typ accuracy: 0.2%, resolution: 1 microV
- Digital rejection better than 120 db at power lines 50 and 60 Hz
- Stacking process, SP linear drift correction
- Reading of current, voltage, standard dev., 20 IP windows (preset or selectable),

GENERAL
- Memory: 44 800 readings USB & SD card link (7 000000 readings in option)
- GPS input for coordinates
- Fiber glass casing, weather proof
- Temperature range: -20 to +70°C
- Syscal Pro Sw48: 31x23x36cm
- Weight: 13kg, Cable w/ 24 take-out: 23kg

CTS120

THERMAL CONDUCTIVITY PROBE FOR SOIL

CTS120 is a probe, for measures in the soil (lenght = 120 cm), that offers the possibility to perform a practical and fast measurement of the thermal conductivity (or thermal resistivity) of the medium in which it is inserted at a high accuracy level. It works in compliance with the ASTM D 5334-00, D 5930-97 and IEEE 442-1981 standards. The probe has proven its suitability for soils, thermal backfill materials, sediments, foodstuff, powders, sludges, paints, glues and various other materials. The Non-Steady-State Probe (NSSP) measurement method (also known as transient line source, thermal needle, hot needle, heat pulse- and hot wire technique) has the fundamental advantages that it is fast and absolute while the sample size is not critical. Hukseflux is specialised in NSSP design. Special models have been developed for in-situ field experiments.

CALIBRATION - ISO 9000

Verification of the stability of the total probe can be done by repeated (yearly) testing in glycerol, preferably at several temperatures. Alternatively Calibration Reference Cylinders (CRC) traceable to NPL is available optionally. CTS120 is suitable for use by ISO certified labs.

Physical		
Size (Lip Diameter x Height)	mm	16x1200
Weight	g	1200
Sensing Element	TP09	
Housing Material	Stainless Steel	
Sealing	Welded Hermetic	
Electrical Connector and cable	Amphenol 10 poles with 5 meters of cable	

Calibration result	
Eletrical resistance/meter	Re=84.98Ω/m
Calibration uncertainty	*±0.85Ω/m

*the number following the± symbol is the expanded uncertainty with a coverage factor k=2, and defines an interval estimated to have a level of confidence of 95%

Measurement process	
Metrological characteristic	Re in (Ω/m): sensitivity to electrical resistance
Calibration method	Hukseflux TNC
Uncertainty of the method	the expanded uncertainty is ±1%

Metrological traceability	
Calibration traceability	traceability of calibration is to th SI units of m and the derived SI unit of Ω
Calibration hierarchy	from SI through international standards

Evaluation of the uncertainty of the calibration result	
Uncertainty calculation	based on nominal values and rectangular distribution, K=2 (GUM)

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/813681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA -UNI EN ISO 9001-

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW4 CR1** Profondità: **1.0-1.5** **mt**
Data apertura: **19/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A+G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia media in matrice limo sabbiosa color nocciola				*	*	*			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)
Vane test V.T (kPa)
Peso di volume Y
Contenuto d'acqua W
Aerometria/Granulometria A/G
Limiti di Atterberg LA
Prova edometrica Ed
Prova di taglio PT
Compressione E.L.L C
Triassiale T.R
Permeabilità k
Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	222
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA -UNI EN ISO 9001-

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW4 CR1 mt. 1.0-1.5**

Data inizio prova : **30/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	2041.240	g
T =	Temperatura dell'acqua	16.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1731.820	g
Mt =	Massa della terra secca	492.000	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99897	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.692	g/cm^3
	26.400	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	223
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

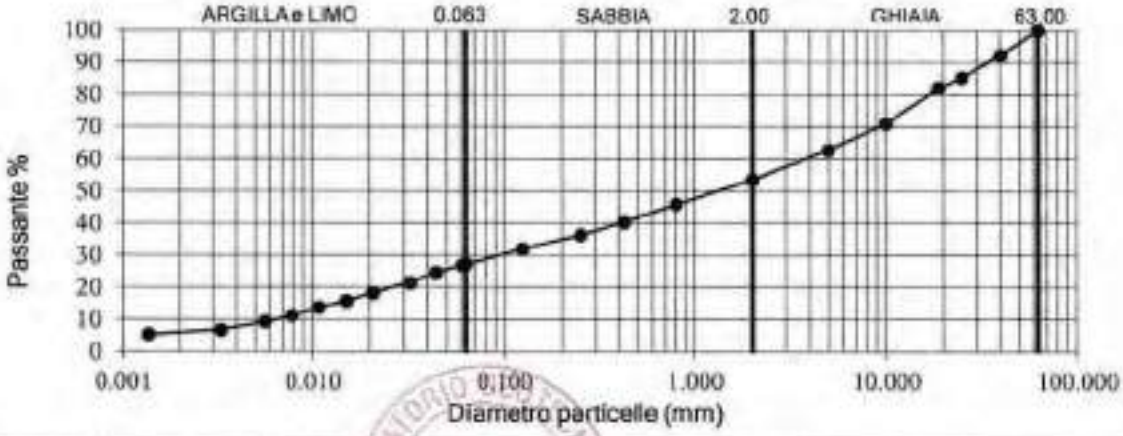
ANALISI GRANULOMETRICA e AEROMETRIA
Norma di riferimento UNI EN 933/1 - AGI 1994

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW4 CR1** **mt. 1.0-1.5**
Data inizio prova : **26/01/2024** **Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024**

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100
40	92.3
25	85.2
19	82.1
10	71.0
5	62.8
2	53.6
0.8	45.9
0.425	40.3
0.25	36.3
0.125	32.1
0.063	27.3
0.0608	27.01
0.0441	24.74
0.0321	21.53
0.0209	18.32
0.0151	15.76
0.0109	13.83
0.0078	11.27
0.0056	9.35
0.0033	6.78
0.0014	5.50

Classificazione norma AGI	
Ghiaia (> 2.0 mm) :	**46%**
Sabbia (2.0 - 0.063 mm) :	**26%**
Limo (0.063 - 0.002 mm) :	**22%**
Argilla (< 0.002 mm) :	**6%**

Umidità campione W%	14.18



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	224
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG
Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW4 CR1 mt. 1.0-1.5**
Data prova : **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	29	20	11		
Massa terreno umido + tara (g)	24.72	31.63	41.73	18.56	3323.21
Massa terreno secco + tara (g)	21.41	26.23	33.00	16.84	2957.04
Massa acqua contenuta (g)	3.31	5.40	8.73	1.72	366.17
Massa tara (g)	13.19	13.73	13.75	9.62	374.71
Massa terreno secco (g)	8.22	12.50	19.3	7.22	2582.33
Contenuto d'acqua %	40.3	43.2	45.4	23.8	14.2

Limite liquido %	**42**
Limite Plastico %	**24**
Umidita' naturale %	**14.2**
Indice Plastico %	**18**
Indice di consistenza	**1.54**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

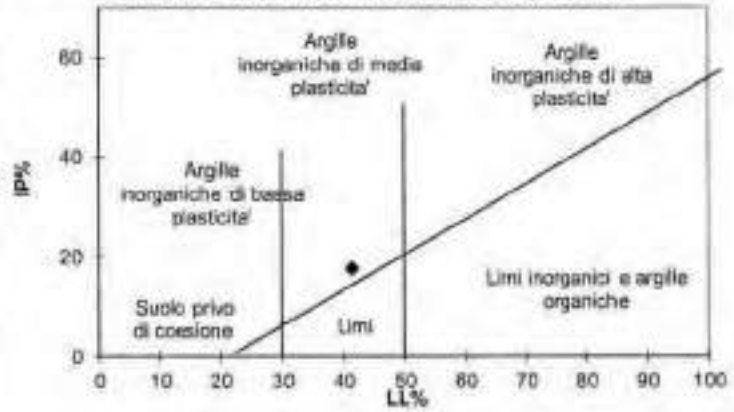


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	225
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	02/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW4 CR1 mt. 1.0-1.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**53.56**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**40.30**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**27.29**
Limite liquido (%) :	**42**
Indice di plasticità (%) :	**18**
Indice di gruppo :	**0.98**
Gruppo :	**A2-7**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW4 CR1 mt. 1.0-1.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A2-7**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**GC**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815881 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW4 CR2** Profondità: **4.0-4.5** **mt**
Data apertura: **19/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia fine in matrice sabbiosa color marrone				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa) — Limiti di Atterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	227
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW4 CR2 mt. 4.0-4.5**

Data inizio prova : **30/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	1921.710	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1731.530	g
Mt =	Massa della terra secca	306.730	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.629	g/cm^3
	25.787	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	228
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valeriano	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

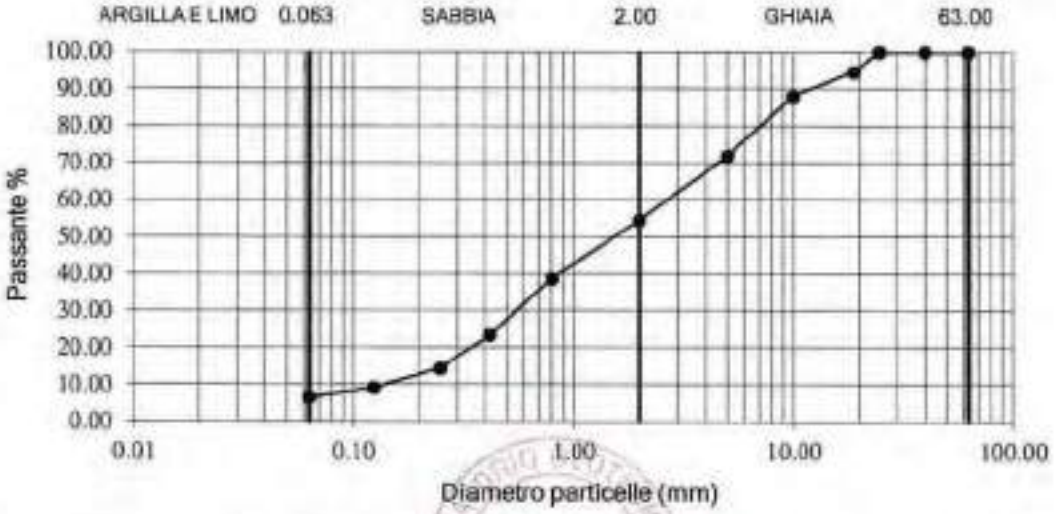
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW4 CR2** **mt. 4.0-4.5**
Data inizio prova : **23/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	100.00
19	94.64
10	88.11
5	71.86
2	54.35
0.800	38.64
0.420	23.28
0.250	14.38
0.1250	9.13
0.0630	6.44

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	**(> 2.0 mm) :**	**46%**
Sabbia	**(2.0 - 0.063 mm) :**	**48%**
Limo	**(0.063 - 0.002 mm) :**	**6%**
Argilla	**(< 0.002 mm) :**	**-**

Umidità naturale W%	11.43



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	229
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW4 CR2 mt. 4.0-4.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**54.35**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**23.28**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**6.44**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-b**

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW4 CR2 mt. 4.0-4.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-b**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SW-SM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW5 CR1** Profondità: **1.0-1.5** **mt**
Data apertura: **19/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A+G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Limo sabbioso color marrone, presenti clasti di ghiaia fine				*	*	*			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione **E.L.L.C**
Vane test **V.T** (kPa) — Limiti di Atterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	231
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW5 CR1 mt. 1.0-1.5**

Data inizio prova : **30/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	1882.560	g
T =	Temperatura dell'acqua	16.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1731.480	g
Mt =	Massa della terra secca	239.110	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99897	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.713	g/cm^3
	26.611	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	232
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

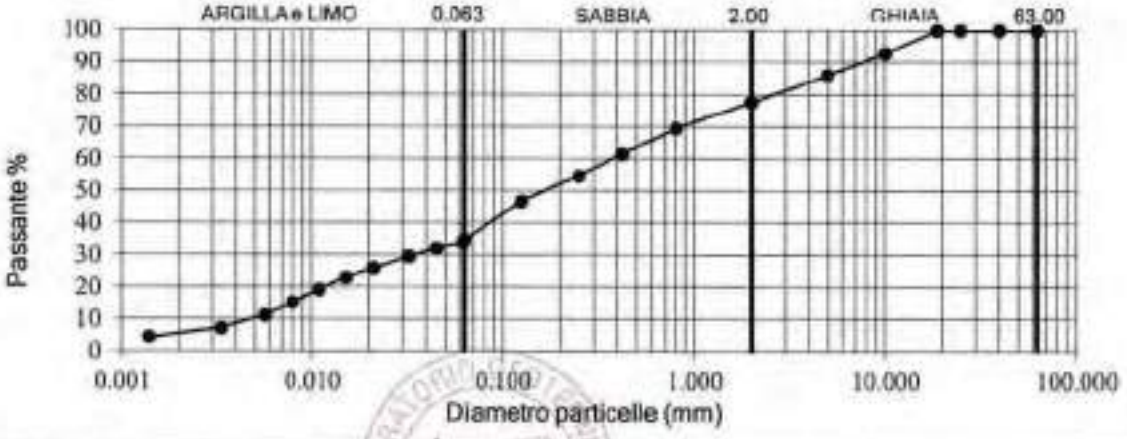
ANALISI GRANULOMETRICA e AEROMETRIA
Norma di riferimento UNI EN 933/1 - AGI 1994

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW5 CR1** **mt. 1.0-1.5**
Data inizio prova : **26/01/2024** **Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024**

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100
40	100.0
25	100.0
19	100.0
10	92.8
5	86.0
2	77.6
0.8	69.5
0.425	61.4
0.25	54.7
0.125	46.7
0.063	34.7
0.0620	33.67
0.0449	32.10
0.0323	29.51
0.0211	25.97
0.0152	23.04
0.0110	19.13
0.0079	15.22
0.0057	11.32
0.0034	7.41
0.0014	4.48

Classificazione norma AGI	
Ghiaia (> 2.0 mm) :	22%
Sabbia (2.0 - 0.063 mm) :	43%
Limo (0.063 - 0.002 mm) :	30%
Argilla (< 0.002 mm) :	5%

Umidità campione W%	18.96



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	233
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG
Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW5 CR1 mt. 1.0-1.5**
Data prova : **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	32	21	10		
Massa terreno umido + tara (g)	26.22	34.93	34.76	23.15	1046.78
Massa terreno secco + tara (g)	22.50	28.06	27.63	20.60	881.73
Massa acqua contenuta (g)	3.72	6.87	7.13	2.55	165.05
Massa tara (g)	13.79	13.71	13.40	9.82	11.06
Massa terreno secco (g)	8.71	14.35	14.2	10.78	870.67
Contenuto d'acqua %	42.7	47.9	50.1	23.7	19.0

Limite liquido %	**46**
Limite Plastico %	**24**
Umidita' naturale %	**19.0**
Indice Plastico %	**22**
Indice di consistenza	**1.21**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

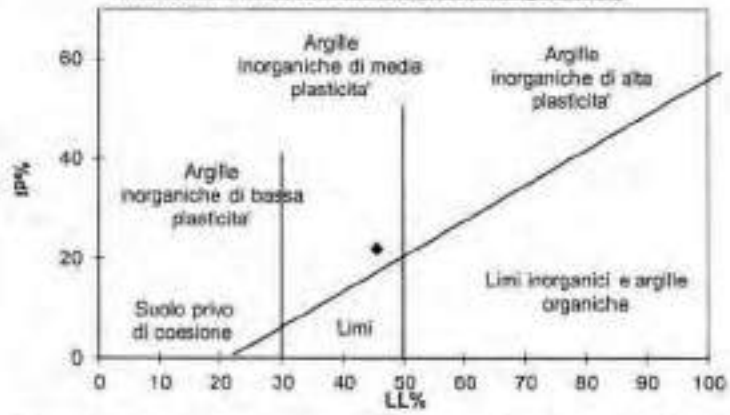


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	234
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW5 CR1 mt. 1.0-1.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**77.56**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**61.41**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**34.70**
Limite liquido (%) :	**46**
Indice di plasticità (%) :	**22**
Indice di gruppo :	**2.36**
Gruppo :	**A2-7**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW5 CR1 mt. 1.0-1.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A2-7**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SC**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW5 CR2** Profondità: **3.5-4.5** **mt**
Data apertura: **19/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa color marrone				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa) — Limiti di Atterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	236
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW5 CR2 mt. 3.5-4.5**

Data inizio prova : **24/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	1973.970	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1731.250	g
Mt =	Massa della terra secca	382.220	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.738	g/cm^3
	26.847	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	237
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

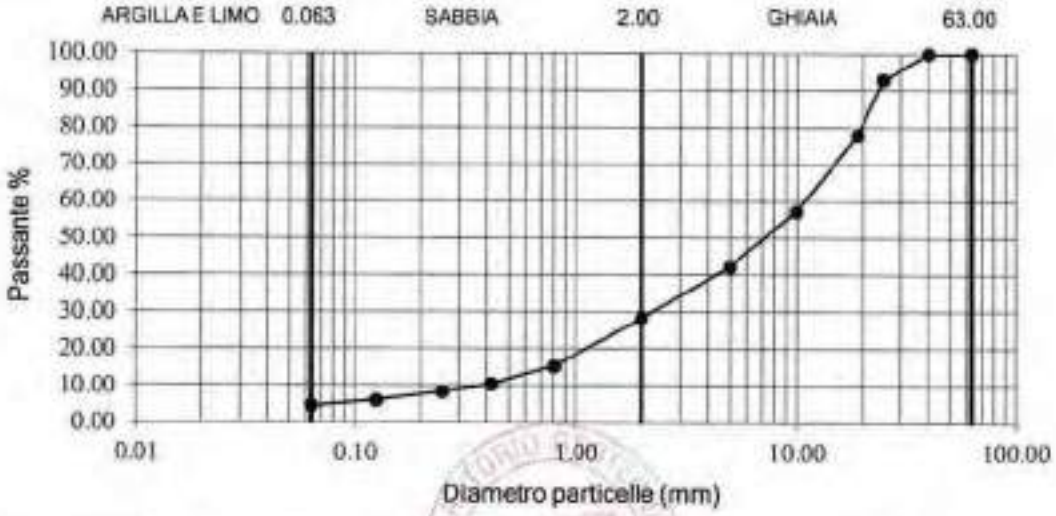
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW5 CR2** **mt. 3.5-4.5**
Data inizio prova : **23/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	92.94
19	77.81
10	57.29
5	42.22
2	28.26
0.800	15.16
0.420	10.47
0.250	8.29
0.1250	6.02
0.0630	4.48

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	72%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	24%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	4%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	6.88



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n 238
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione: 02/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW5 CR2 mt. 3.5-4.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**28.26**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**10.47**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**4.48**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW5 CR2 mt. 3.5-4.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**GP**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW6 CR1** Profondità: **0.7-1.3** **mt**
Data apertura: **19/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A+G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Limo sabbioso color nocciola con clasti di ghiaia fine				•	•	•			•	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa)	Aerometria/Granulometria **A/G**	Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa)	Limiti di Atterberg **LA**	Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y**	Prova edometrica **Ed**	Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W**	Prova di taglio **PT**	Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	240
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR1 mt. 0.7-1.3**

Data inizio prova : **30/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	1851.390	g
T =	Temperatura dell'acqua	16.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1731.480	g
Mt =	Massa della terra secca	190.000	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99897	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)^ya	2.708	g/cm^3
	26.557	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	241
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

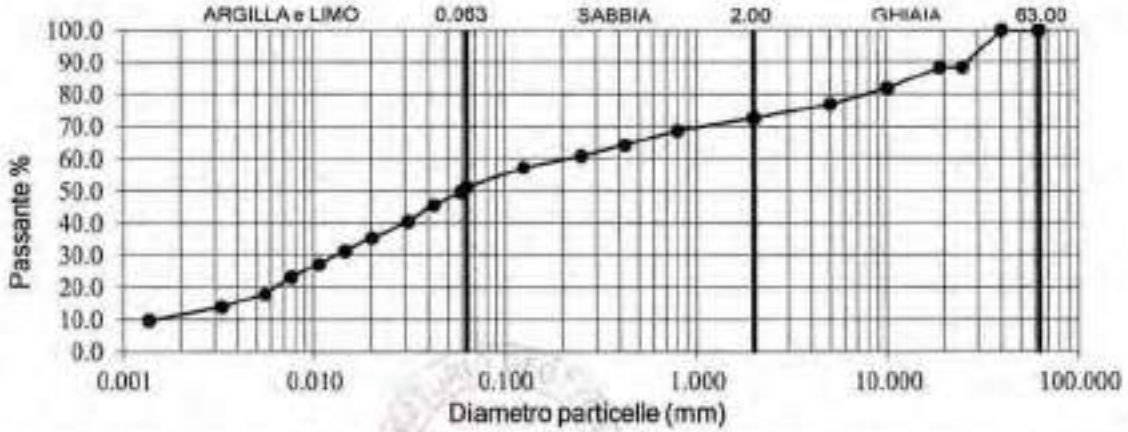
ANALISI GRANULOMETRICA e AEROMETRIA
Norma di riferimento UNI EN 933/1 - AGI 1994

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW6 CR1** **mt. 0.7-1.3**
Data inizio prova : **26/01/2024** **Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024**

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.0
40	100.0
25	88.5
19	88.5
10	81.8
5	76.9
2	72.5
0.8	68.8
0.425	64.3
0.25	60.7
0.125	57.2
0.063	51.2
0.0584	49.68
0.0424	45.59
0.0310	40.47
0.0202	35.35
0.0146	31.26
0.0106	27.17
0.0076	23.08
0.0055	17.97
0.0033	13.88
0.0014	9.80

Classificazione norma AGI	
Ghiaia (> 2.0 mm) :	**28%**
Sabbia (2.0 - 0.063 mm) :	**21%**
Limo (0.063 - 0.002 mm) :	**40%**
Argilla (< 0.002 mm) :	**11%**

Umidità campione W%	17.73



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	242
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KMA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG
Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CR1 mt. 0.7-1.3**
Data prova : **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	35	22	13		
Massa terreno umido + tara (g)	30.72	34.27	41.02	20.66	1844.85
Massa terreno secco + tara (g)	25.81	27.84	31.98	18.51	1618.10
Massa acqua contenuta (g)	4.91	6.43	9.04	2.15	226.75
Massa tara (g)	13.69	13.44	13.46	9.58	339.04
Massa terreno secco (g)	12.12	14.40	18.5	8.93	1279.06
Contenuto d'acqua %	40.5	44.7	48.8	24.1	17.7

Limite liquido %	**44**
Limite Plastico %	**24**
Umidita' naturale %	**17.7**
Indice Plastico %	**20**
Indice di consistenza	**1.32**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

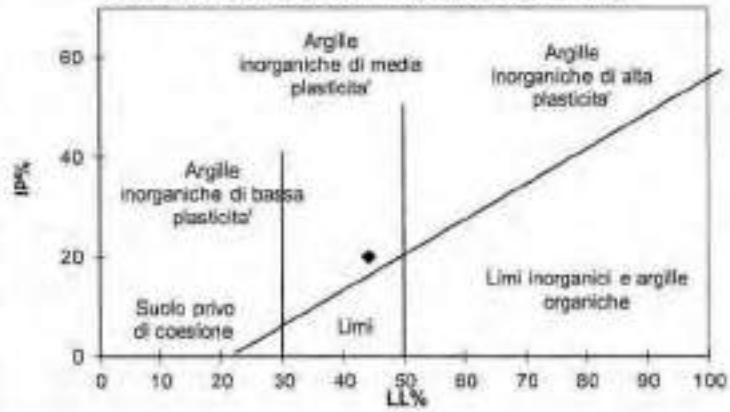
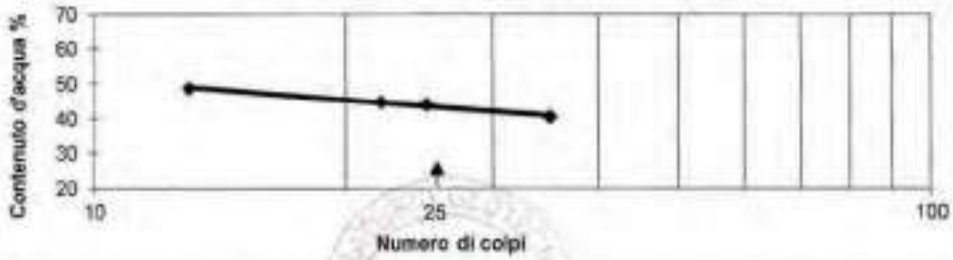


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	243
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815661 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR1 mt. 0.7-1.3**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**72.49**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**64.27**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**51.20**
Limite liquido (%) :	**44**
Indice di plasticità (%) :	**20**
Indice di gruppo :	**7.18**
Gruppo :	**A7-6**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	244
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valeotino	Data emissione:	02/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR1 mt. 0.7-1.3**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A7-6**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**CL**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@sin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW6 CR2** Profondità: **2.0-3.0** **mt**
Data apertura: **19/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa color marrone				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)	Aerometria/Granulometria A/G	Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa)	Limiti di Atterberg LA	Triassiale T.R
Peso di volume Y	Prova edometrica Ed	Permeabilità k
Contenuto d'acqua W	Prova di taglio PT	Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	245
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR2 mt. 2.0-3.0**

Data inizio prova : **24/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	2005.480	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1731.530	g
Mt =	Massa della terra secca	432.670	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.724	g/cm^3
	26.711	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	246
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

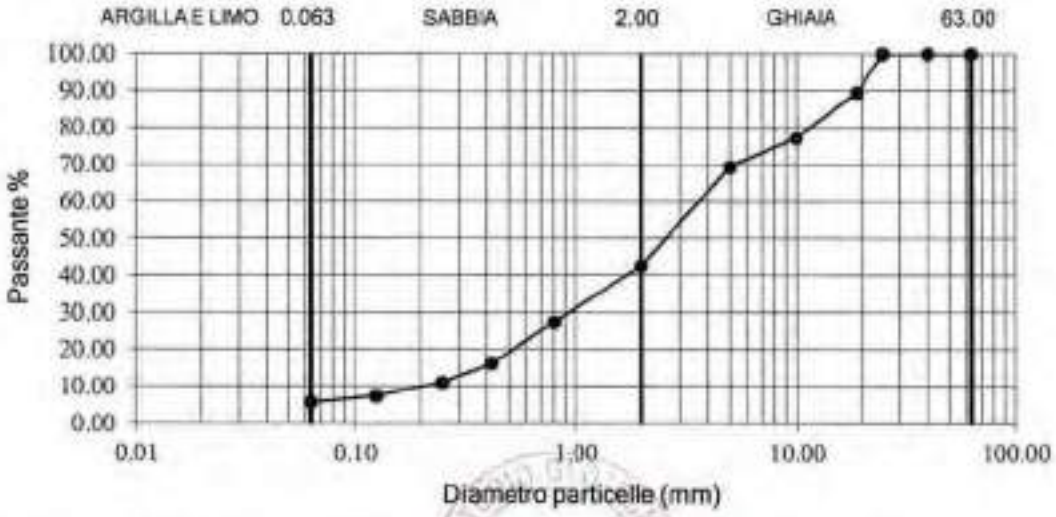
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione ; **SW6 CR2** **mt. 2.0-3.0**
Data inizio prova : **24/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	100.00
19	89.50
10	77.29
5	69.39
2	42.49
0.800	27.34
0.420	16.11
0.250	10.92
0.1250	7.37
0.0630	5.64

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	58%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	36%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	6%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	12.40



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	247
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Aacari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR2 mt. 2.0-3.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**42.49**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**16.11**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**5.64**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR2 mt. 2.0-3.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SW-SM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW6 CR3** Profondità: **7.0-8.0** **mt**
Data apertura: **19/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa color marrone				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa) — Limiti di Alterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	249
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815581 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da RINA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR3 mt. 7.0-8.0**

Data inizio prova : **01/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	2103.810	g
T =	Temperatura dell'acqua	14.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1730.920	g
Mt =	Massa della terra secca	596.750	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99927	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.664	g/cm^3
	26.124	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	250
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

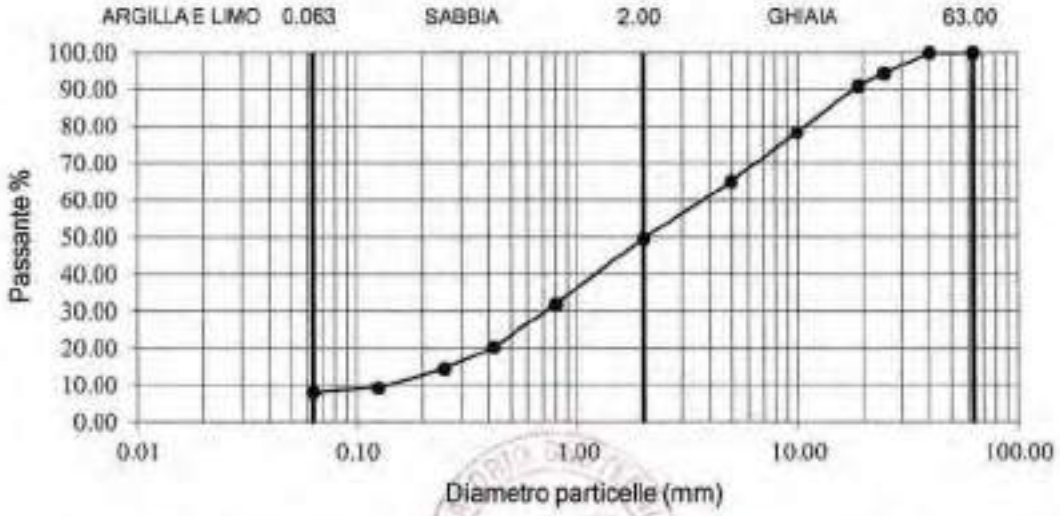
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CR3** **mt. 7.0-8.0**
Data inizio prova : **31/01/2024**

Verbale di accettazione n.5 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	94.34
19	90.93
10	78.43
5	65.06
2	49.56
0.800	31.89
0.420	20.23
0.250	14.39
0.1250	9.33
0.0630	7.92

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	50%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	42%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	8%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	10.31



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	251
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR3 mt. 7.0-8.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**49.56**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**20.23**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**7.92**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-a**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	252
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR3 mt. 7.0-8.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SW-SM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW6 CR4** Profondità: **26.0-27.0** **mt**
Data apertura: **19/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A+G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Sabbia debolmente limosa color nocciola				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa) — Limiti di Atterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	253
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532815881 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR4 mt. 26.0-27.0**

Data inizio prova : **30/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	155.640	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	148.790	g
Mt =	Massa della terra secca	11.060	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.625	g/cm^3
	25.741	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	254
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

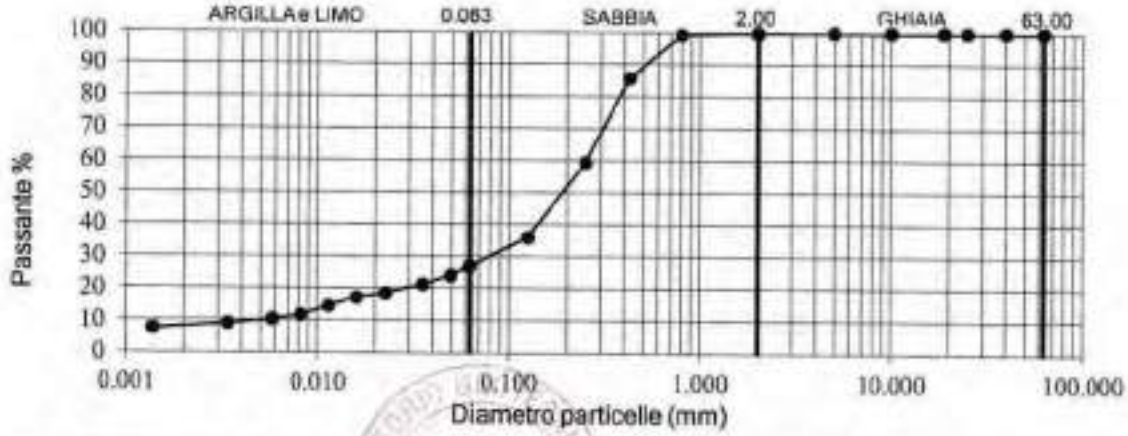
ANALISI GRANULOMETRICA e AEROMETRIA
Norma di riferimento UNI EN 933/1 - AGI 1994

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW6 CR4** **mt. 26.0-27.0**
Data inizio prova : **26/01/2024** **Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024**

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100
40	100.0
25	100.0
19	100.0
10	100.0
5	100.0
2	99.9
0.8	99.2
0.425	85.7
0.25	59.3
0.125	36.0
0.063	27.2
0.0620	26.71
0.0495	23.98
0.0354	21.25
0.0226	18.52
0.0160	17.16
0.0114	14.43
0.0082	11.70
0.0058	10.34
0.0034	8.98
0.0014	7.62

Classificazione norma AGI	
Ghiaia (> 2.0 mm) :	**0%**
Sabbia (2.0 - 0.063 mm) :	**73%**
Limo (0.063 - 0.002 mm) :	**19%**
Argilla (< 0.002 mm) :	**8%**

Umidità campione W%	15.69



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	255
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44015 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR4 mt. 26.0-27.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**99.87**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**85.66**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**27.17**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A2-4**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	256
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CR4 mt. 26.0-27.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A2-4**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW6 CI1** Profondità: **15.0-15.5** **mt**
Data apertura: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: [Fustella] Sacchetto Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

ALTO | A | B | BASSO
0 12 40 cm

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A	LA	Ed	PT	G.S	T.R
A	Limo argilloso color grigio	90	40	*	*	*	*	*		*	
B	Limo deb. sabbioso compatto color grigio	170	50	*	*	*	*			*	*(CID)

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa) — Aerometria/Granulometria A/G — Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa) — Limiti di Atterberg LA — Triassiale T.R
Peso di volume Y — Prova edometrica Ed — Permeabilità k
Contenuto d'acqua W — Prova di taglio PT — Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	257
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione : **SW6 CI1 PARTE A** **mt. 15.0-15.5**

Data prova : **12/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	284.62
Massa terreno secco + Tara	(g)	227.33
Massa Tara	(g)	10.05
Contenuto d'acqua - W	(%)	26.37

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm^3)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	237.32
Massa tara	(g)	73.81
Peso unità di volume - γ	(g/cm^3)	1.883
	(kN/m^3)	18.467
Peso secco unità di volume - γd	(g/cm^3)	1.490
	(kN/m^3)	14.614

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione : **SW6 CI1 PARTE B** **mt. 15.0-15.5**

Data prova : **12/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	326.48
Massa terreno secco + Tara	(g)	260.72
Massa Tara	(g)	7.95
Contenuto d'acqua - W	(%)	26.02

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm^3)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	234.90
Massa tara	(g)	73.75
Peso unità di volume - γ	(g/cm^3)	1.856
	(kN/m^3)	18.201
Peso secco unità di volume - γd	(g/cm^3)	1.473
	(kN/m^3)	14.443

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CI1 PARTE A mt. 15.0-15.5**

Data inizio prova : **01/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	161.980	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	156.180	g
Mt =	Massa della terra secca	9.370	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.622	g/cm^3
	25.718	kN/m^3

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CI1 PARTE B** **mt. 15.0-15.5**

Data inizio prova : **30/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	148.660	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	142.510	g
Mt =	Massa della terra secca	9.930	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.625	g/cm^3
	25.740	kN/m^3

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
Norma di riferimento ASTM D 422 - AGI 1994

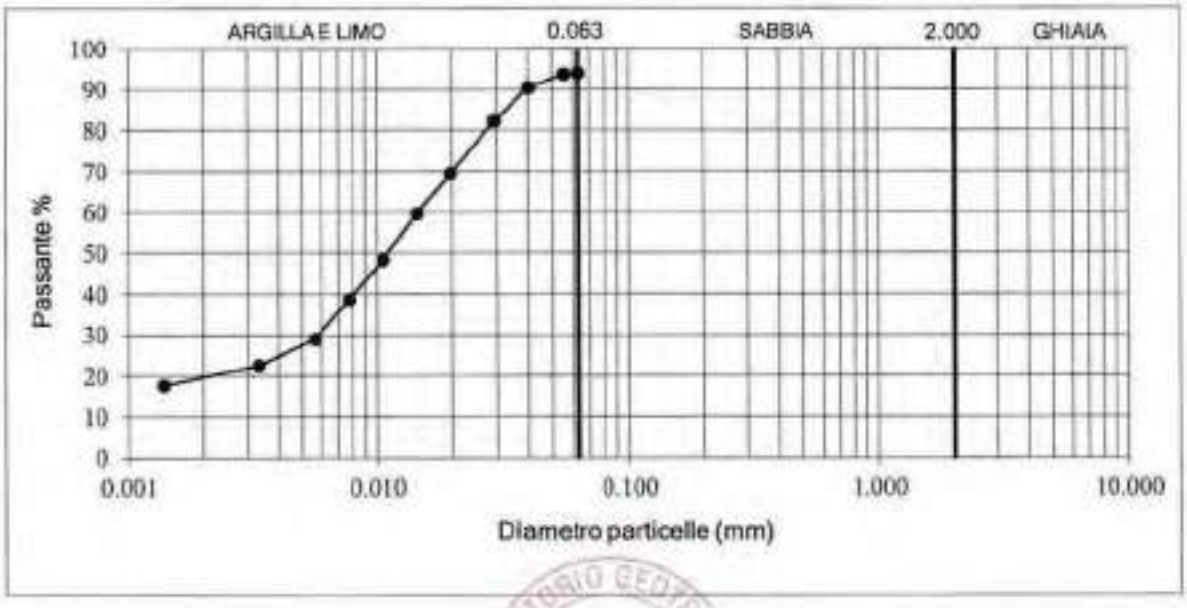
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1** **PARTE A** **mt.** **15.0-15.5**
Data prova : **23/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	94.00
0.0556	93.66
0.0400	90.41
0.0294	82.32
0.0196	69.40
0.0144	59.70
0.0106	48.40
0.0077	38.71
0.0056	29.02
0.0033	22.57
0.0014	17.73

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	**(2 - 0.063mm) :**	**6%**
Limo	**(0.063 - 0.002 mm) :**	**74%**
Argilla	**(< 0.002mm) :**	**20%**

Trattenuto allo 0.063 mm :	**6%**

Umidità naturale W%	26.37



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 262
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione: 02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
Norma di riferimento ASTM D 422 - AGI 1994

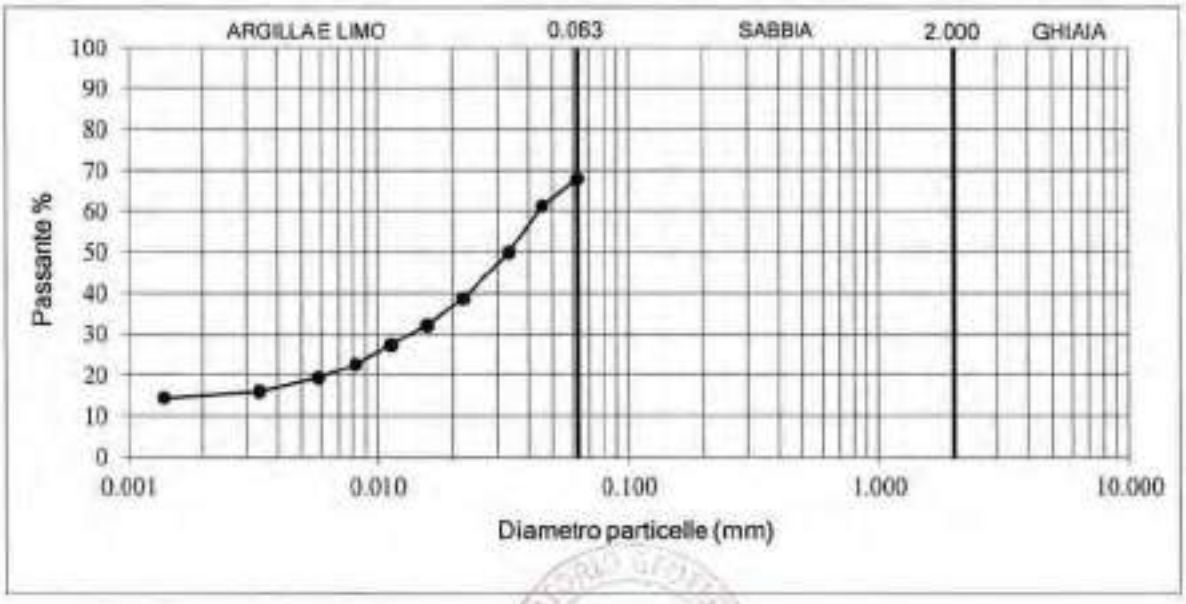
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1** **PARTE B** **mt.** **15.0-15.5**
Data prova : **23/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	68.00
0.0624	67.77
0.0452	61.31
0.0333	50.00
0.0219	38.71
0.0158	32.25
0.0113	27.41
0.0081	22.56
0.0058	19.34
0.0034	16.11
0.0014	14.50

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	(2 - 0.063mm) :	32%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	53%
Argilla	(< 0.002mm) :	15%

Trattenuto allo 0.063 mm :	32%

Umidità naturale W%	26.02



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 263
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione: 02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Giulido di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG
Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1 PARTE A mt. 15.0-15.5**
Data prova : **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	36	26	11		
Massa terreno umido + tara (g)	39.48	38.91	34.88	22.36	284.62
Massa terreno secco + tara (g)	30.89	29.44	26.47	20.12	227.33
Massa acqua contenuta (g)	8.59	9.47	8.41	2.24	57.29
Massa tara (g)	12.97	10.60	10.61	9.97	10.05
Massa terreno secco (g)	17.92	18.84	15.9	10.15	217.28
Contenuto d'acqua %	47.9	50.3	53.0	22.1	26.4

Limite liquido %	**50**
Limite Plastico %	**22**
Umidita' naturale %	**26.4**
Indice Plastico %	**28**
Indice di consistenza	**0.85**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

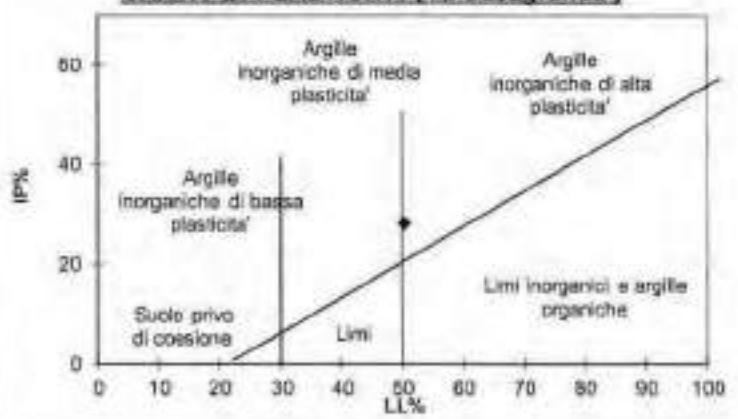


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	264
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da RINA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG
Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1 PARTE B mt. 15.0-15.5**
Data prova : **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	34	20	12		
Massa terreno umido + tara (g)	37.61	42.36	41.44	19.55	326.48
Massa terreno secco + tara (g)	31.27	33.67	33.00	17.53	260.72
Massa acqua contenuta (g)	6.34	8.69	8.44	2.02	65.76
Massa tara (g)	13.90	12.33	12.96	9.67	7.95
Massa terreno secco (g)	17.37	21.34	20.0	7.86	252.77
Contenuto d'acqua %	36.5	40.7	42.1	25.7	26.0

Limite liquido %	**39**
Limite Plastico %	**26**
Umidita' naturale %	**26.0**
Indice Plastico %	**13**
Indice di consistenza	**0.98**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

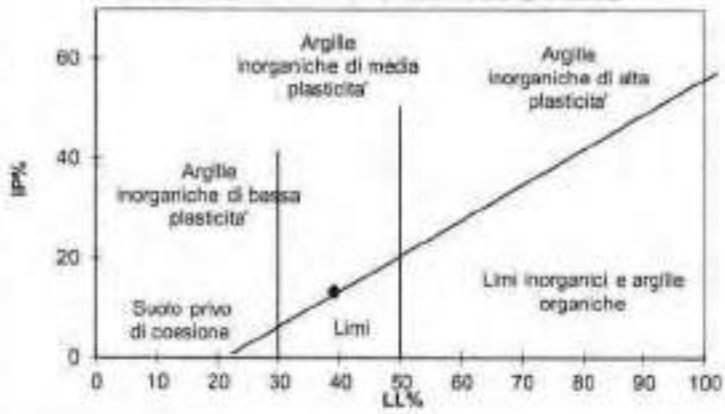


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	265
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	02/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CI1 PARTE A mt. 15.0-15.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**94.00**
Limite liquido (%) :	**50**
Indice di plasticità (%) :	**28**
Indice di gruppo :	**17.20**
Gruppo :	**A7-6**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CI1 PARTE A mt. 15.0-15.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A7-6**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**CL**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CI1 PARTE B** **mt.** **15.0-15.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**68.00**
Limite liquido (%) :	**39**
Indice di plasticità (%) :	**13**
Indice di gruppo :	**7.80**
Gruppo :	**A6**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CI1 PARTE B mt. 15.0-15.5**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A6**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**ML**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

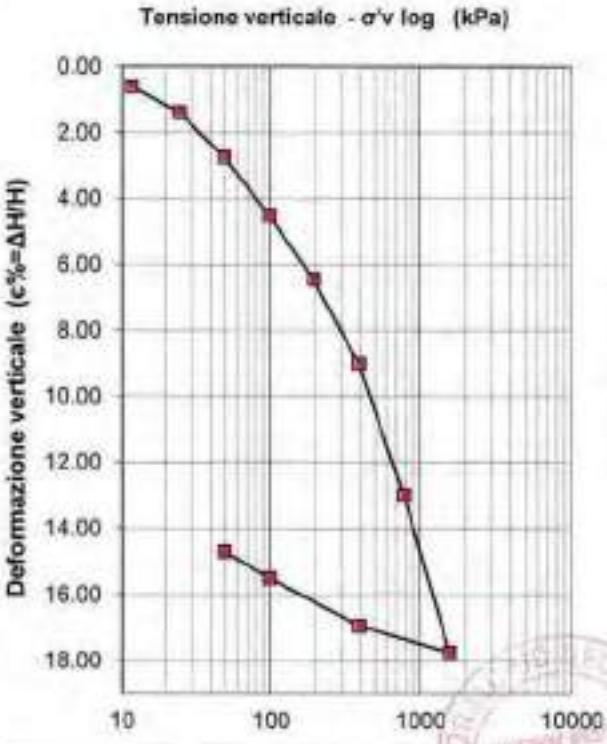
Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

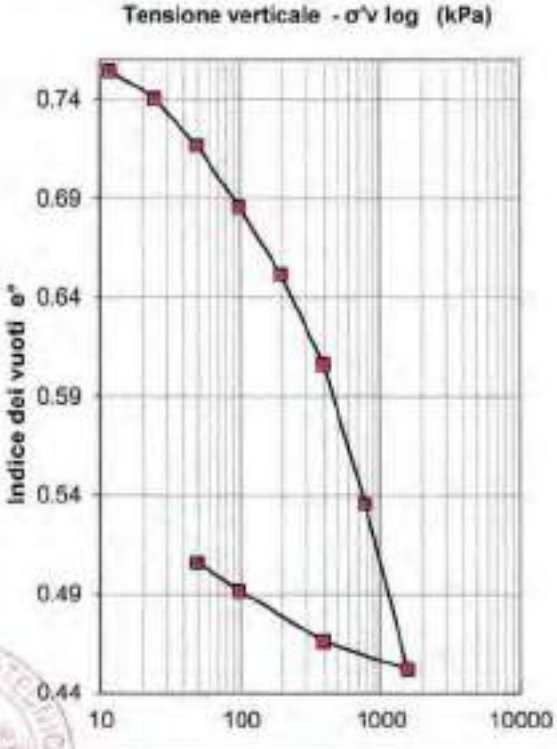
PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente :	**S.G.M Geologia e Ambiente Srl**		
Cantierte :	**Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**	Sondaggio:	**SW6**
Data inizio prova :	**12/01/2024**	Campione:	**CI1**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024		Prof.(m):	**15.0-15.5**

σ'v (kPa) tensione verticale	ΔH (mm) cedimento	ε % def. verticale	e° indice vuoti	Mo (kPa) modulo edometrico
11.768	0.12	0.60	0.75	
24.518	0.28	1.40	0.74	1593.64
49.035	0.55	2.75	0.72	1816.11
98.070	0.90	4.50	0.69	2802.00
196.140	1.29	6.45	0.65	5029.23
392.280	1.80	9.00	0.61	7691.76
784.560	2.60	13.00	0.54	9807.00
1569.120	3.55	17.75	0.45	16517.05
392.280	3.39	16.95	0.47	
98.070	3.10	15.50	0.49	
49.035	2.94	14.70	0.51	

Natura del campione :	limo argilloso
Peso dell'unità di volume: (kN/m³)	18.40
Peso di volume terreno secco : (kN/m³)	14.58
Contenuto d'acqua naturale : (%)	26.37
Peso specifico dei granuli : (kN/m³)	25.71
Indice dei vuoti inizio prova : (e°)	0.77





Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	268
1 di 7	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

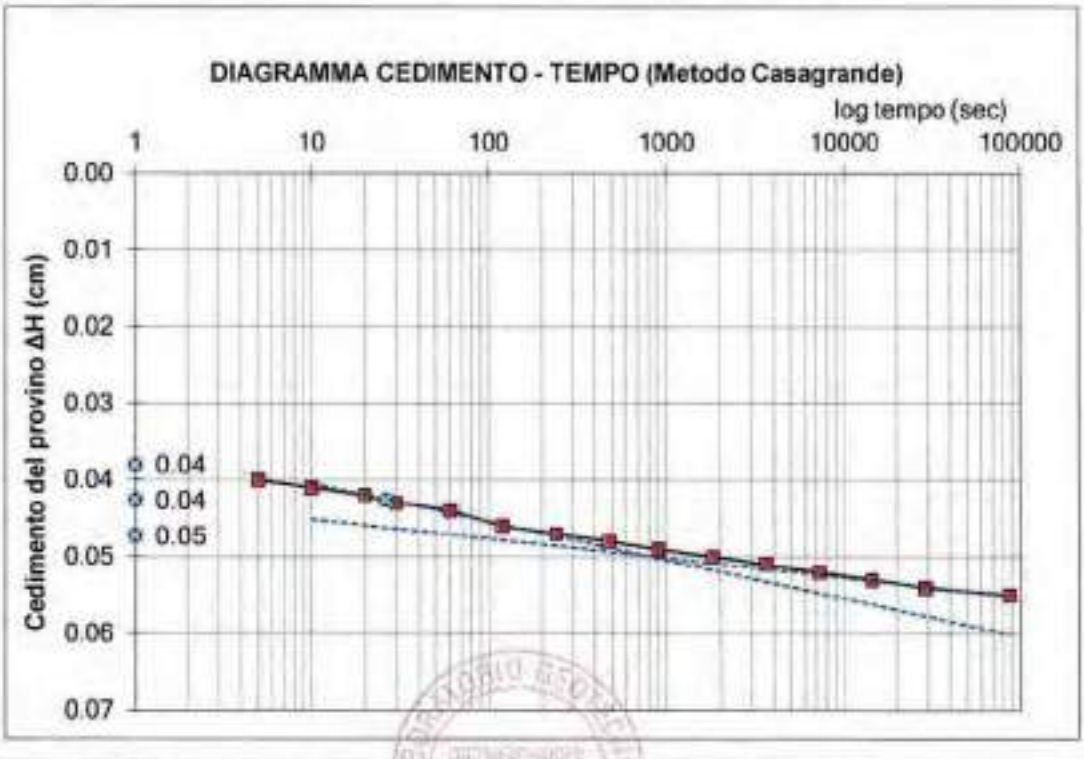
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI1**
Prof(m): **15.0-15.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) 49.035
Cv (cmq/sec): 7.59E-03
C alfa 1.26E-05
t50 (sec) 26
Permeabilità (cm/sec) 4.10E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.034
5	0.034
10	0.040
20	0.041
30	0.042
60	0.043
120	0.044
240	0.046
480	0.047
900	0.048
1800	0.049
3600	0.050
7200	0.051
14400	0.052
28800	0.053
86400	0.054



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

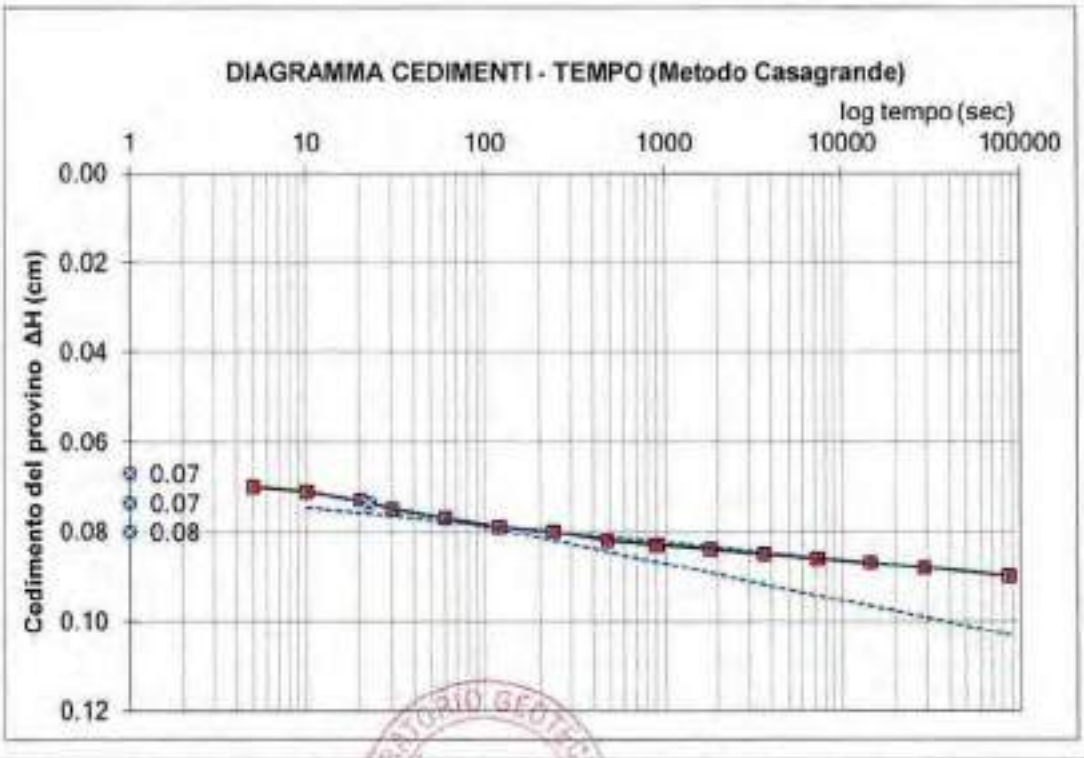
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI1**
Prof(m): **15.0-15.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) 98.07
Cv (cmq/sec): 8.78E-03
C alfa 1.94E-05
t50 (sec) 22
Permeabilità (cm/sec) 3.07E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.063
5	0.070
10	0.071
20	0.073
30	0.075
60	0.077
120	0.079
240	0.080
480	0.082
900	0.083
1800	0.084
3600	0.085
7200	0.086
14400	0.087
28800	0.088
86400	0.090



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

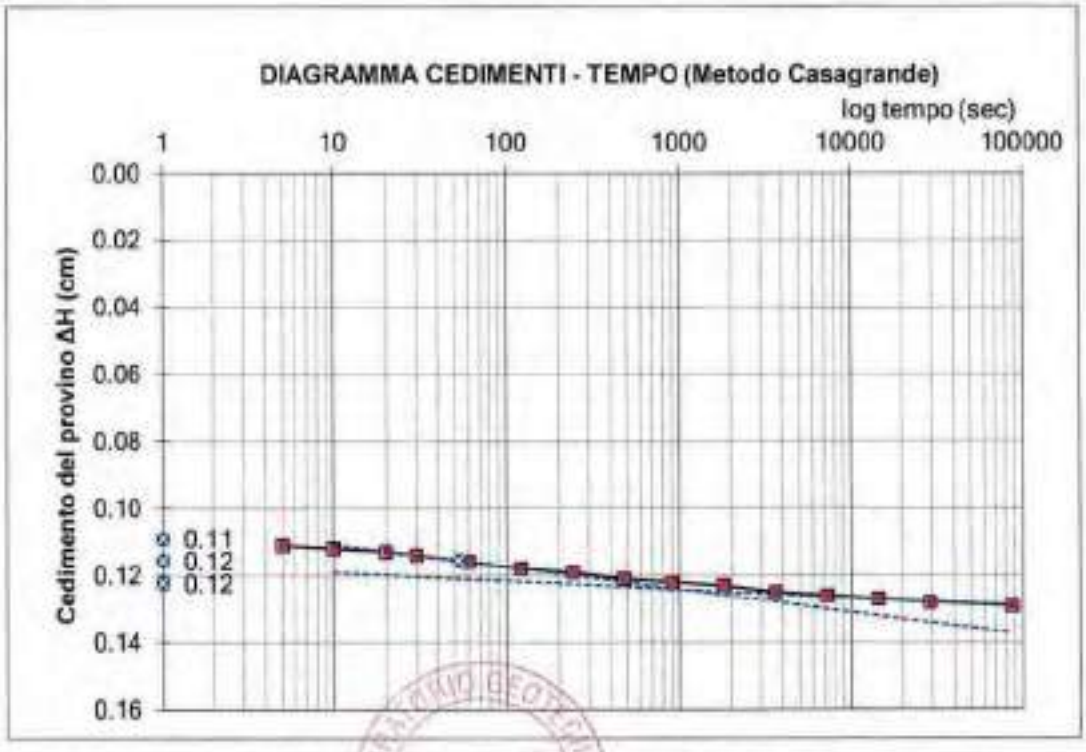
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI1**
Prof(m): **15.0-15.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	196.14
Cv (cmq/sec):	3.77E-03
C alfa	1.26E-05
t50 (sec)	52
Permeabilità (cm/sec)	7.356E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.100
5	0.111
10	0.112
20	0.113
30	0.114
60	0.116
120	0.118
240	0.119
480	0.121
900	0.122
1800	0.123
3600	0.125
7200	0.126
14400	0.127
28800	0.128
86400	0.129



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	268
4 di 7	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

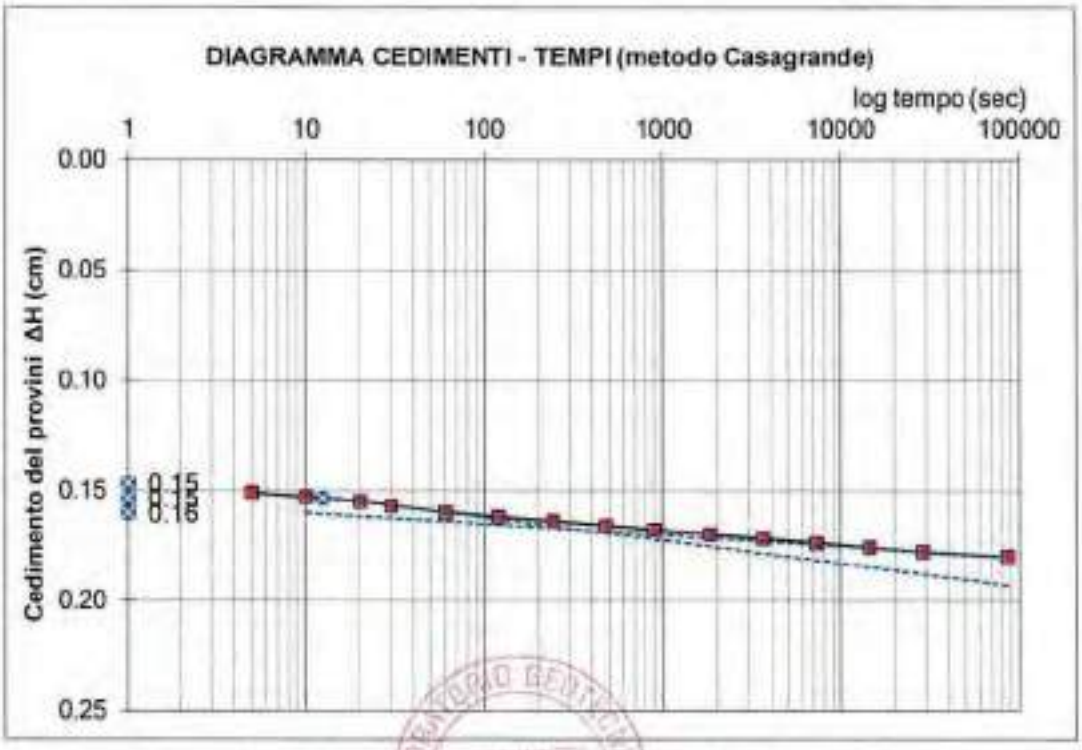
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI1**
Prof(m): **15.0-15.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	392.28
Cv (cmq/sec):	1.58E-02
C alfa	2.53E-05
t50 (sec)	12
Permeabilità (cm/sec)	2.02E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.139
5	0.151
10	0.153
20	0.155
30	0.157
60	0.160
120	0.162
240	0.164
480	0.166
900	0.168
1800	0.170
3600	0.172
7200	0.174
14400	0.176
28800	0.178
86400	0.180



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

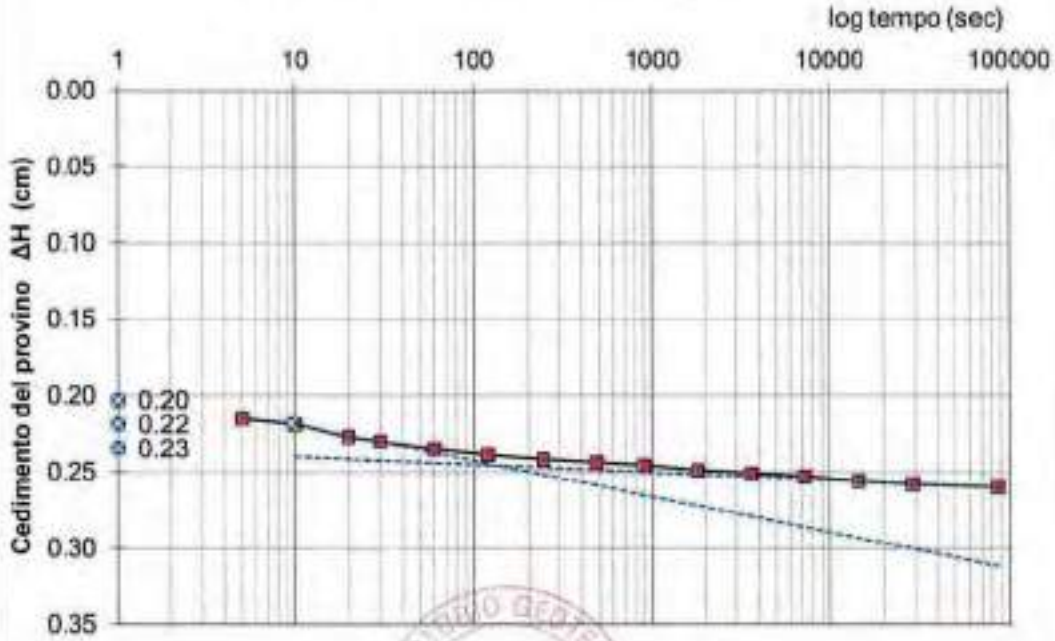
Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI1**
Prof(m): **15.0-15.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	784.56
Cv (cmq/sec):	2.06E-02
C alfa	2.53E-05
t50 (sec)	10
Permeabilità (cm/sec)	2.057E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.187
5	0.215
10	0.219
20	0.227
30	0.230
60	0.235
120	0.239
240	0.242
480	0.244
900	0.246
1800	0.249
3600	0.251
7200	0.253
14400	0.256
28800	0.258
86400	0.260

DIAGRAMMA CEDIMENTI-TEMPO (Metodo Casagrande)



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

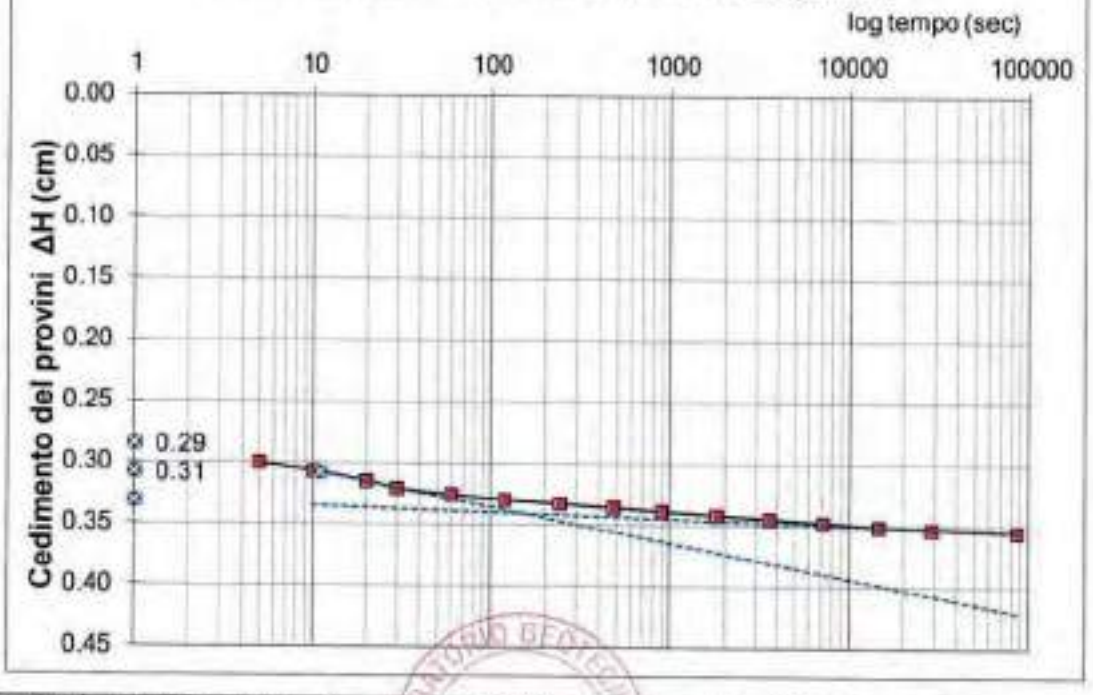
Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI1**
Prof(m): **15.0-15.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	1569.12
Cv (cmq/sec):	1.76E-02
C alfa	2.53E-05
t50 (sec)	11
Permeabilità (cm/sec)	1.047E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.259
5	0.300
10	0.307
20	0.315
30	0.321
60	0.326
120	0.330
240	0.333
480	0.336
900	0.339
1800	0.342
3600	0.345
7200	0.348
14400	0.351
28800	0.353
86400	0.355

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

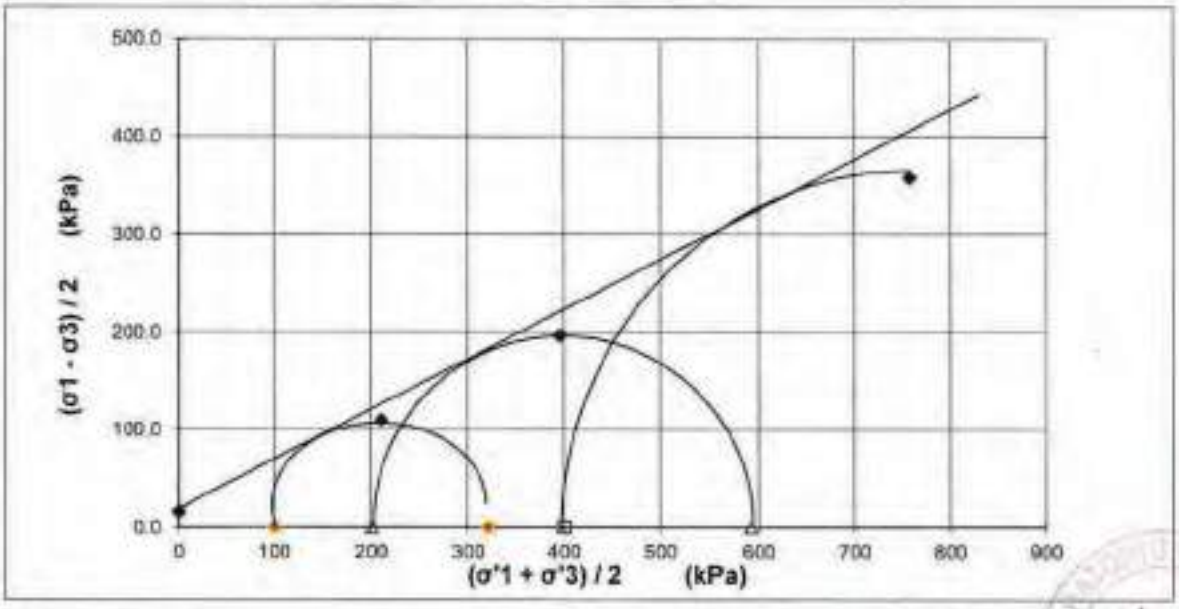
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1** **mt. 15.0-15.5**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Natura del Campione : **limo deb. Sabbioso**

COESIONE DRENATA (kPa) : **18.12**
ANGOLO D'ATTRITO (° sess) : **27**

CONDIZIONI A ROTTURA			
Provino n°	(σ'1 + σ'3) / 2 (kPa)	(σ1 - σ3) / 2 (kPa)	Pres. Cons. (kPa)
1	210.19	110.19	100
2	395.89	195.89	200
3	757.32	357.32	400



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime deviatoriche determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1** **mt. 15.0-15.5**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Natura del Campione : **limo deb. Sabbioso**

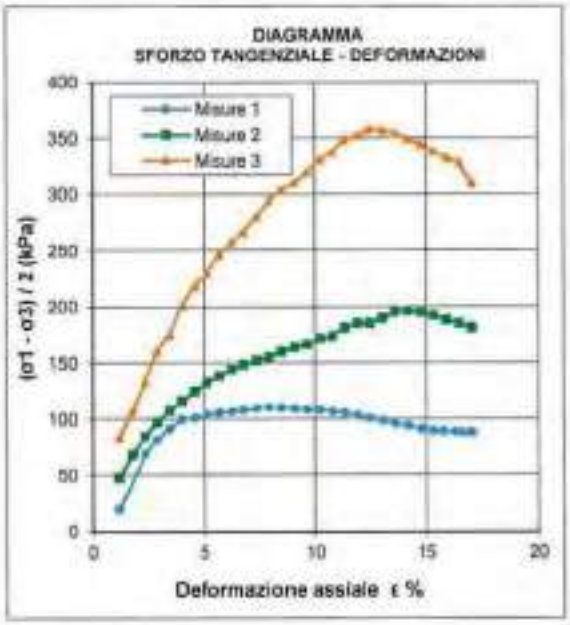
Provino n° :	1	2	3
Altezza del provino (cm)	7.62	7.62	7.62
Diametro provino (cm)	3.81	3.81	3.81
Sezione del provino (cm^2)	11.4	11.4	11.4
Volume del provino inizio consolidazione (cm^3)	86.83	86.83	86.83
Volume del provino fine consolidazione (cm^3)	83.26	82.1	80.26
Peso specifico dei granuli (kN/m^3)	25.75	25.74	25.74
Peso dell'unità di volume (kN/m^3)	18.257	18.259	18.226
Peso dell'unità di volume del terreno secco (kN/m^3)	14.490	14.493	14.470
Contenuto d'acqua(W%)	25.99	25.98	25.96
Pressione in cella (kPa)	200	300	500
Contropressione (Back Pressure) (kPa)	100	100	100
Parametro di Skempton (B)	0.93	0.9	0.91
Velocità di deformazione (mm/min)	0.009	0.009	0.009

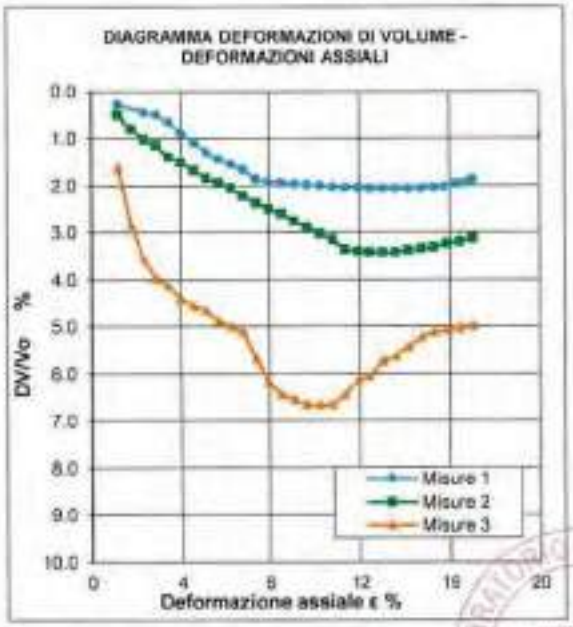
SCHEMI DI ROTTURA

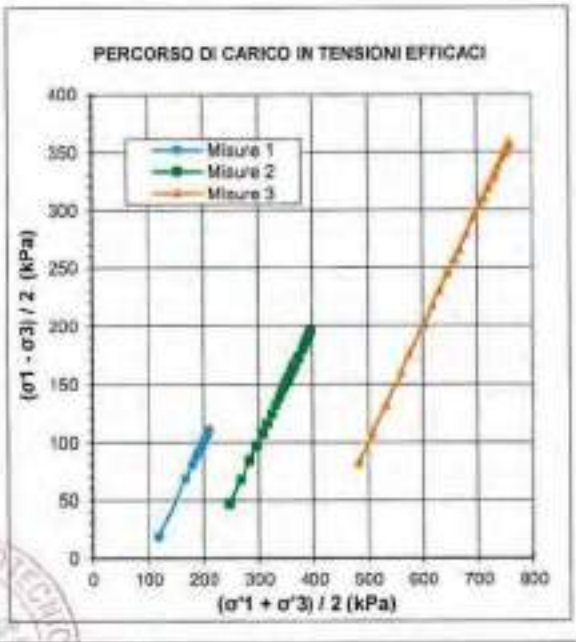
PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1** **mt. 15.0-15.5**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024







PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1** **mt. 15.0-15.5**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m²	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00115	1.13	37.49	0.285	18.75	118.75	100
0.00116	2.27	137.22	0.444	68.61	168.61	100
0.00117	2.83	162.17	0.493	81.08	181.08	100
0.00117	3.40	182.09	0.652	91.05	191.05	100
0.00117	3.97	198.97	0.903	99.48	199.48	100
0.00118	4.54	201.67	1.087	100.84	200.84	100
0.00118	5.10	207.18	1.294	103.59	203.59	100
0.00119	5.67	210.75	1.439	105.37	205.37	100
0.00119	6.24	212.63	1.550	106.31	206.31	100
0.00120	6.80	215.39	1.666	107.69	207.69	100
0.00120	7.37	218.82	1.869	109.41	209.41	100
0.00121	7.94	220.39	1.927	110.19	210.19	100
0.00122	8.50	219.31	1.941	109.65	209.65	100
0.00123	9.07	218.16	1.961	109.08	209.08	100
0.00123	9.64	216.85	1.980	108.42	208.42	100
0.00124	10.20	215.54	1.999	107.77	207.77	100
0.00125	10.77	212.99	2.028	106.50	206.50	100
0.00126	11.34	210.02	2.038	105.01	205.01	100
0.00126	11.91	205.75	2.048	102.88	202.88	100
0.00127	12.47	201.29	2.057	100.65	200.65	100
0.00128	13.04	196.78	2.062	98.39	198.39	100
0.00129	13.61	191.23	2.062	95.62	195.62	100
0.00130	14.17	187.94	2.062	93.97	193.97	100
0.00131	14.74	182.92	2.052	91.46	191.46	100
0.00131	15.31	179.05	2.033	89.53	189.53	100
0.00132	15.75	178.09	2.019	89.04	189.04	100
0.00133	16.22	176.97	1.961	88.48	188.48	100
0.00134	16.57	176.18	1.941	88.09	188.09	100
0.00134	16.93	175.33	1.893	87.67	187.67	100
0.00134	17.01	175.11	1.864	87.55	187.55	100
					Provino n°1	

LEGENDA

ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1** **mt. 15.0-15.5**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m^2	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00115	1.13	94.29	0.499	47.15	247.15	200
0.00115	1.70	135.41	0.807	67.70	267.70	200
0.00115	2.27	167.93	1.031	83.97	283.97	200
0.00116	2.83	193.69	1.149	96.85	296.85	200
0.00116	3.40	214.52	1.403	107.26	307.26	200
0.00117	3.97	231.07	1.515	115.54	315.54	200
0.00117	4.54	248.26	1.686	124.13	324.13	200
0.00118	5.10	264.03	1.848	132.01	332.01	200
0.00118	5.67	275.73	1.941	137.86	337.86	200
0.00119	6.24	287.37	2.058	143.69	343.69	200
0.00119	6.80	296.01	2.229	148.01	348.01	200
0.00120	7.37	303.90	2.381	151.95	351.95	200
0.00120	7.94	309.76	2.503	154.88	354.88	200
0.00121	8.50	319.09	2.601	159.55	359.55	200
0.00121	9.07	326.73	2.757	163.36	363.36	200
0.00122	9.64	331.97	2.879	165.99	365.99	200
0.00123	10.20	343.13	3.031	171.57	371.57	200
0.00123	10.77	346.96	3.153	173.48	373.48	200
0.00124	11.34	361.87	3.358	180.93	380.93	200
0.00124	11.91	369.82	3.397	184.91	384.91	200
0.00125	12.47	370.13	3.422	185.07	385.07	200
0.00126	13.04	378.32	3.422	189.16	389.16	200
0.00127	13.61	389.55	3.422	194.78	394.78	200
0.00128	14.17	391.79	3.378	195.89	395.89	200
0.00129	14.74	389.02	3.339	194.51	394.51	200
0.00129	15.31	383.64	3.309	191.82	391.82	200
0.00130	15.87	375.85	3.236	187.93	387.93	200
0.00131	16.44	369.84	3.192	184.92	384.92	200
0.00132	17.01	362.11	3.133	181.06	381.06	200
0.00132	17.01	361.92	3.089	180.96	380.96	200

Provino n°2

LEGENDA
ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI1** **mt. 15.0-15.5**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m²	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00113	1.13	164.28	1.646	82.14	482.14	400
0.00112	1.70	213.05	2.876	106.52	506.52	400
0.00112	2.27	264.03	3.578	132.01	532.01	400
0.00112	2.83	319.60	3.988	159.80	559.80	400
0.00112	3.40	350.07	4.157	175.03	575.03	400
0.00113	3.97	400.46	4.434	200.23	600.23	400
0.00113	4.54	434.74	4.573	217.37	617.37	400
0.00114	5.10	459.16	4.670	229.58	629.58	400
0.00114	5.67	490.09	4.896	245.04	645.04	400
0.00115	6.24	513.61	5.013	256.81	656.81	400
0.00115	6.80	531.23	5.126	265.62	665.62	400
0.00115	7.37	558.36	5.690	279.18	679.18	400
0.00115	7.94	587.55	6.203	293.78	693.78	400
0.00115	8.50	605.86	6.459	302.93	702.93	400
0.00116	9.07	620.14	6.562	310.07	710.07	400
0.00116	9.64	638.53	6.664	319.26	719.26	400
0.00117	10.20	660.29	6.664	330.15	730.15	400
0.00118	10.77	673.33	6.664	336.67	736.67	400
0.00119	11.34	696.77	6.459	348.38	748.38	400
0.00120	11.91	703.46	6.151	351.73	751.73	400
0.00121	12.47	714.63	6.049	357.32	757.32	400
0.00122	13.04	712.92	5.741	356.46	756.46	400
0.00123	13.61	707.38	5.639	353.69	753.69	400
0.00125	14.17	697.82	5.434	348.91	748.91	400
0.00126	14.74	687.56	5.229	343.78	743.78	400
0.00127	15.31	675.17	5.126	337.58	737.58	400
0.00128	15.87	663.01	5.085	331.50	731.50	400
0.00128	16.44	656.38	5.054	328.19	728.19	400
0.00129	16.44	653.62	5.024	326.81	726.81	400
0.00129	17.01	617.96	4.998	308.98	708.98	400

Provino n°3

LEGENDA
ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW6 CI2** Profondità: **22.5-23.0** **mt**
Data apertura: **15/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: [Fustella] Sacchetto Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

ALTO | A | B | BASSO
0 25 40 cm

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A	LA	Ed	PT	G.S	T.R
A	Argilla debolmente limosa compatta color nocciola	320	140	*	*	*	*	*		*	*(CID)
B	Sabbia limosa color nocciola										

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa) — Aerometria/Granulometria A/G — Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa) — Limiti di Atterberg LA — Triassiale T.R
Peso di volume Y — Prova edometrica Ed — Permeabilità k
Contenuto d'acqua W — Prova di taglio PT — Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	270
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da RINA =UNI EN ISO 9001=

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione : **SW6 CI2 mt. 22.5-23.0**

Data prova : **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	385.71
Massa terreno secco + Tara	(g)	315.77
Massa Tara	(g)	7.47
Contenuto d'acqua - W	(%)	22.69

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm^3)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	235.10
Massa tara	(g)	72.82
Peso unità di volume - γ	(g/cm^3)	1.869
	(kN/m^3)	18.328
Peso secco unità di volume - γd	(g/cm^3)	1.523
	(kN/m^3)	14.939

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	271
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Aocari, 8 - Gualdo di Voghiera 44010 (FE) - Tel 0532/819881 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da RINA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CI2 mt. 22.5-23.0**

Data inizio prova : **01/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	156.050	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	150.250	g
Mt =	Massa della terra secca	9.450	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.587	g/cm^3
	25.369	kN/m^3

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
Norma di riferimento ASTM D 422 - AGI 1994

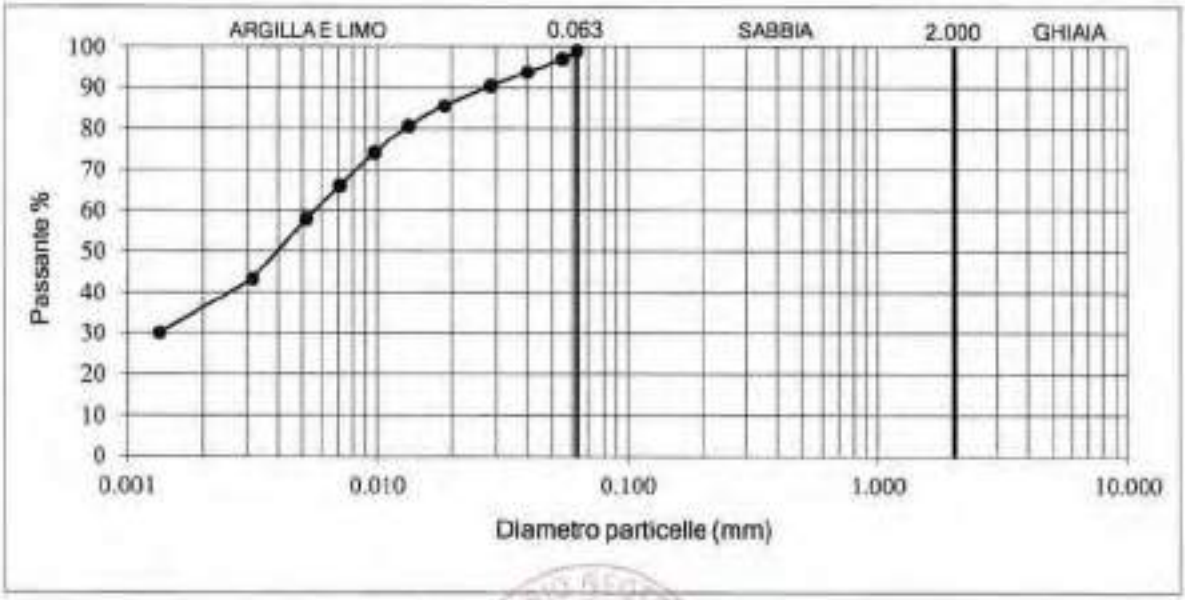
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI2** **mt.** **22.5-23.0**
Data prova : **23/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	99.00
0.0553	97.05
0.0398	93.78
0.0286	90.51
0.0185	85.61
0.0134	80.71
0.0097	74.19
0.0071	66.04
0.0052	57.89
0.0031	43.25
0.0013	30.23

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	**(2 - 0.063mm) :**	**1%**
Limo	**(0.063 - 0.002 mm) :**	**62%**
Argilla	**(< 0.002mm) :**	**37%**

Trattenuto allo 0.063 mm :	**1%**

Umidità naturale W%	22.69



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 273
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione: 02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Aácari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG

Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI2 mt. 22.5-23.0**
Data prova : **31/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	34	21	10		
Massa terreno umido + tara (g)	37.03	51.10	62.27	20.22	385.71
Massa terreno secco + tara (g)	29.86	38.91	46.00	18.14	315.77
Massa acqua contenuta (g)	7.17	12.19	16.27	2.08	69.94
Massa tara (g)	13.87	13.20	13.48	9.53	7.47
Massa terreno secco (g)	15.99	25.71	32.5	8.61	308.30
Contenuto d'acqua %	44.8	47.4	50.0	24.2	22.7

Limite liquido %	**47**
Limite Plastico %	**24**
Umidita' naturale %	**22.7**
Indice Plastico %	**23**
Indice di consistenza	**1.07**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

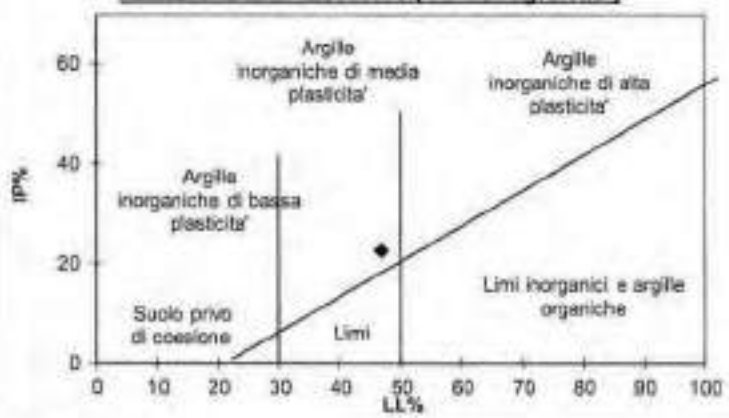
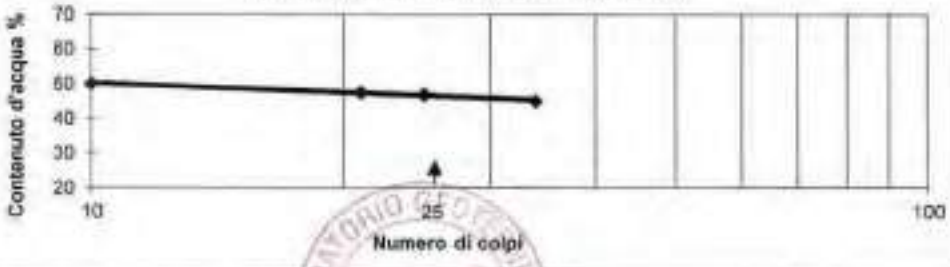


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	274
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	02/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CI2 mt. 22.5-23.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**99.00**
Limite liquido (%) :	**47**
Indice di plasticità (%) :	**23**
Indice di gruppo :	**14.60**
Gruppo :	**A7-6**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW6 CI2 mt. 22.5-23.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A7-6**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

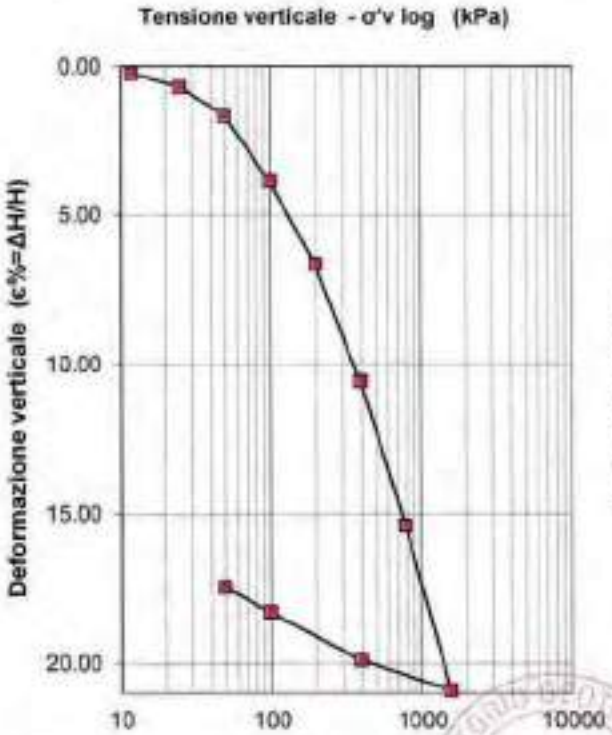
Gruppo :	**CL**

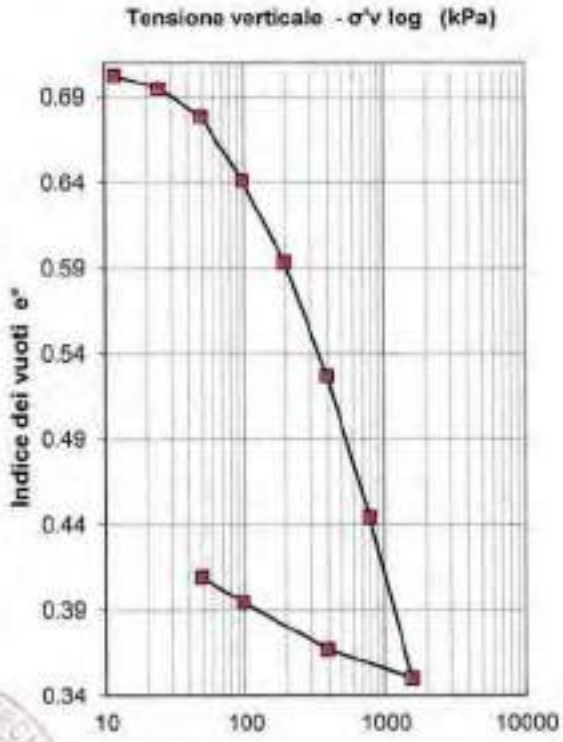
PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantierte : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)** Sondaggio: **SW6**
Data inizio prova : **12/01/2024** Campione: **CI2**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024 Prof.(m): **22.5-23.0**

σ'v (kPa) tensione verticale	ΔH (mm) cedimento	ε % def. verticale	e° indice vuoti	Mo (kPa) modulo edometrico
11.768	0.05	0.25	0.70	
24.516	0.14	0.70	0.69	2833.13
49.035	0.33	1.65	0.68	2580.79
98.070	0.77	3.85	0.64	2228.86
196.140	1.33	6.65	0.59	3502.50
392.280	2.11	10.55	0.53	5029.23
784.560	3.08	15.40	0.44	8088.25
1569.120	4.18	20.90	0.35	14264.73
392.280	3.98	19.90	0.37	
98.070	3.66	18.30	0.39	
49.035	3.49	17.45	0.41	

Natura del campione :	argilla deb. Limosa
Peso dell'unità di volume: (kN/m³)	18.23
Peso di volume terreno secco : (kN/m³)	14.86
Contenuto d'acqua naturale : (%)	22.69
Peso specifico dei granuli : (kN/m³)	25.37
Indice dei vuoti inizio prova : (e°)	0.71





PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

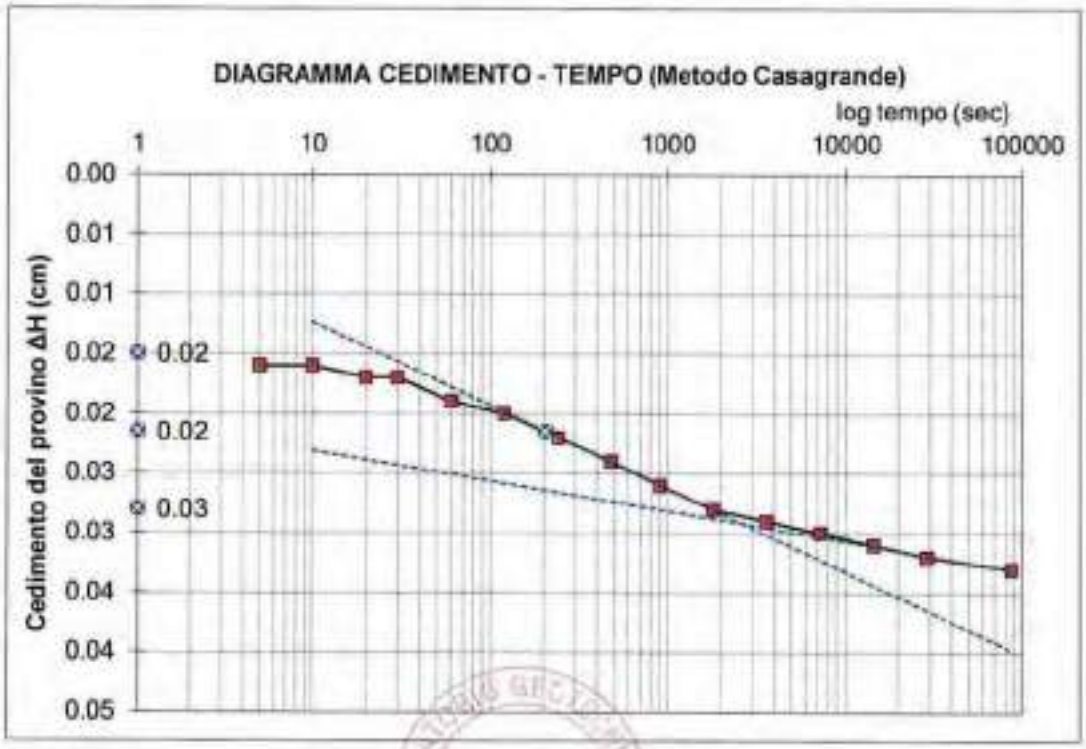
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI2**
Prof(m): **22.5-23.0**

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. Limosa

Tensione verticale efficace (kPa) 49.035
Cv (cmq/sec): 9.76E-04
C alfa 1.26E-05
t50 (sec) 202
Permeabilità (cm/sec) 3.71E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.015
5	0.015
10	0.016
20	0.016
30	0.017
60	0.017
120	0.019
240	0.020
480	0.022
900	0.024
1800	0.026
3600	0.028
7200	0.029
14400	0.030
28800	0.031
86400	0.032



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente:	**S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere:	**Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova:	**12/01/2024**

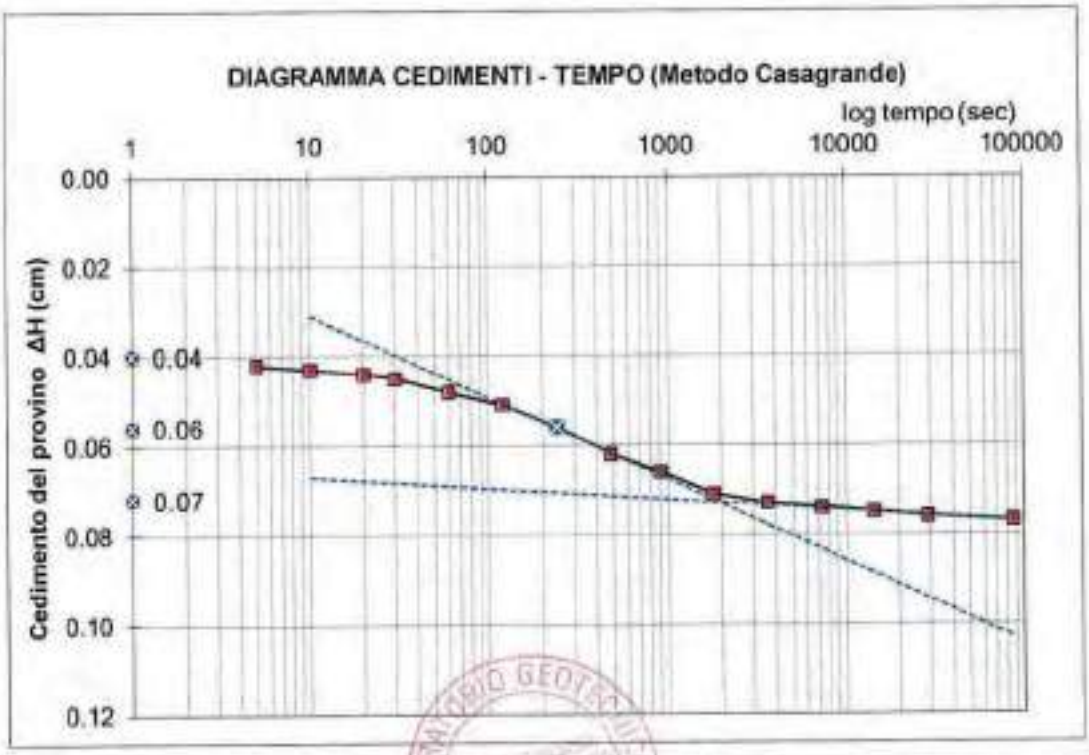
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio:	**SW6**
Campione:	**CI2**
Prof(m):	**22.5-23.0**

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. Limosa

Tensione verticale efficace (kPa)	98.07
Cv (cmq/sec):	8.20E-04
C alfa	1.26E-05
t50 (sec)	240
Permeabilità (cm/sec)	3.61E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.041
5	0.042
10	0.043
20	0.044
30	0.045
60	0.048
120	0.051
240	0.056
480	0.062
900	0.066
1800	0.071
3600	0.073
7200	0.074
14400	0.075
28800	0.076
86400	0.077



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

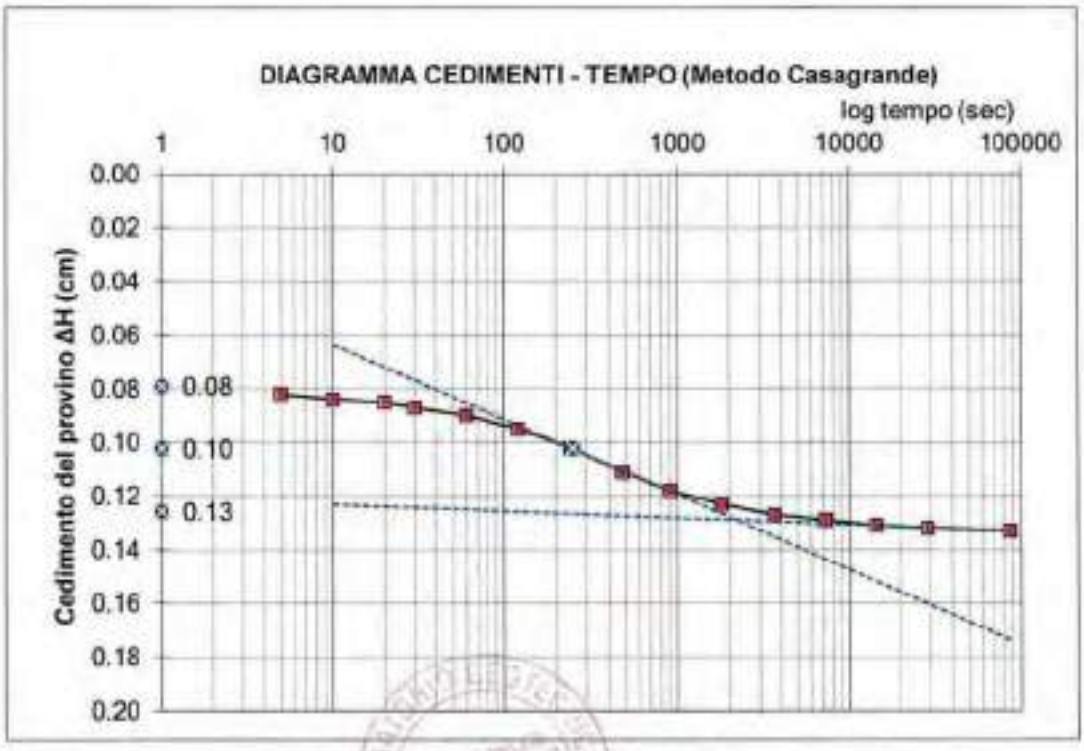
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI2**
Prof(m): **22.5-23.0**

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. Limosa

Tensione verticale efficace (kPa) :	196.14
Cv (cmq/sec):	7.95E-04
C alfa	1.26E-05
t50 (sec)	247
Permeabilità (cm/sec)	2.226E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.081
5	0.082
10	0.084
20	0.085
30	0.087
60	0.090
120	0.095
240	0.102
480	0.111
900	0.118
1800	0.123
3600	0.127
7200	0.129
14400	0.131
28800	0.132
86400	0.133



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

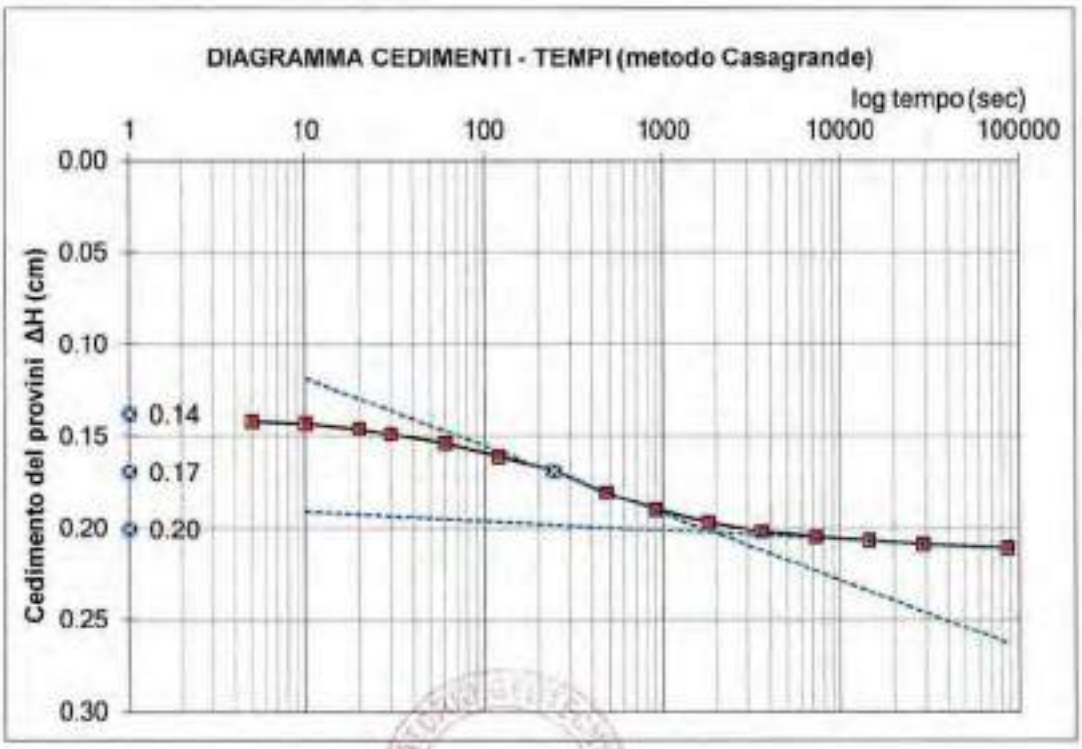
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI2**
Prof(m): **22.5-23.0**

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. Limosa

Tensione verticale efficace (kPa) :	392.28
Cv (cmq/sec):	8.00E-04
C alfa	2.53E-05
t50 (sec)	245
Permeabilità (cm/sec)	1.56E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.138
5	0.142
10	0.143
20	0.146
30	0.149
60	0.154
120	0.161
240	0.169
480	0.181
900	0.190
1800	0.197
3600	0.202
7200	0.205
14400	0.207
28800	0.209
86400	0.211



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

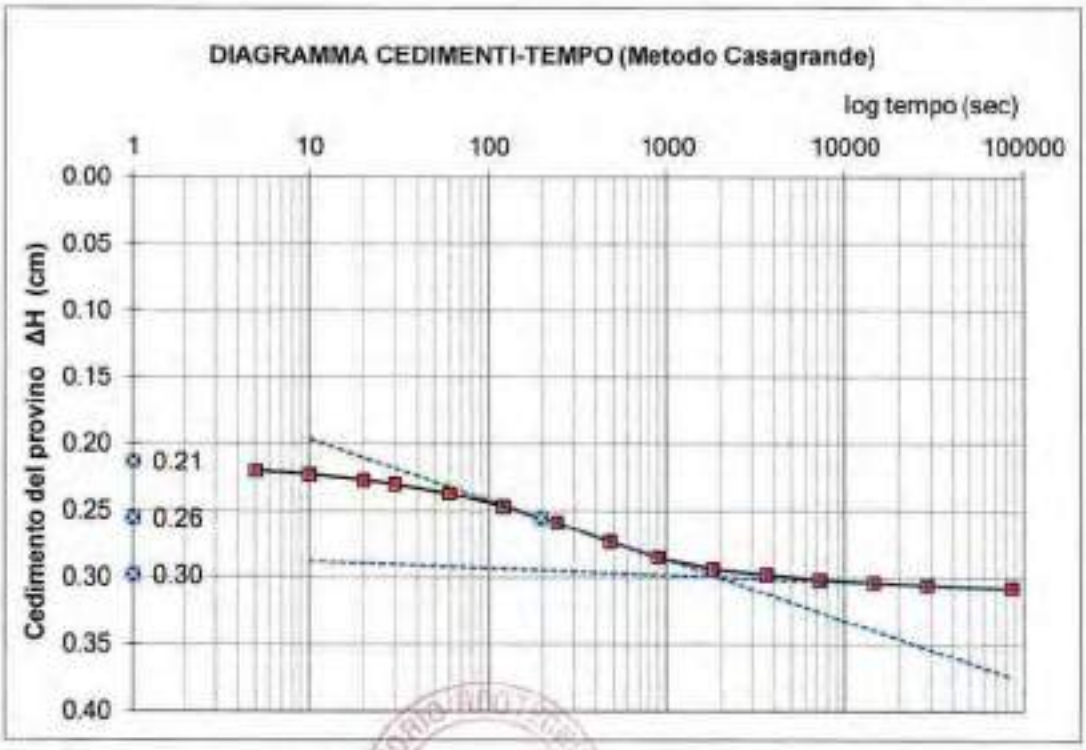
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI2**
Prof(m): **22.5-23.0**

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. Limosa

Tensione verticale efficace (kPa) :	784.56
Cv (cmq/sec):	1.01E-03
C alfa	2.53E-05
t50 (sec)	195
Permeabilità (cm/sec)	1.219E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.214
5	0.220
10	0.223
20	0.227
30	0.230
60	0.237
120	0.247
240	0.259
480	0.273
900	0.285
1800	0.294
3600	0.298
7200	0.302
14400	0.304
28800	0.306
86400	0.308



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

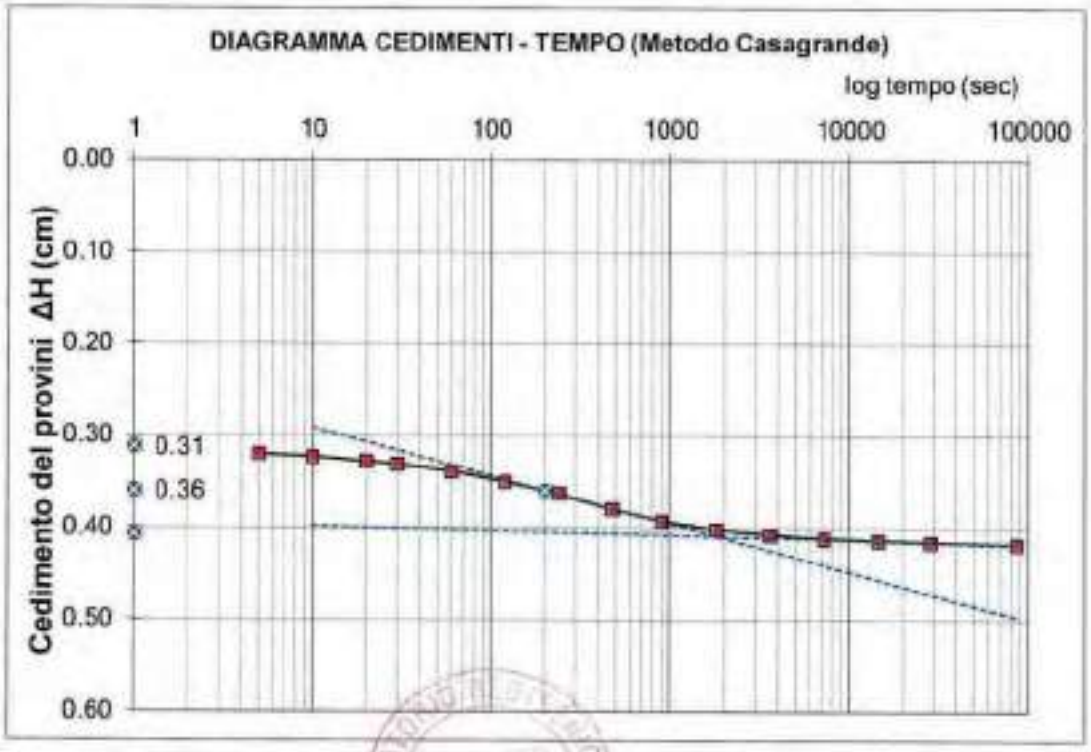
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **12/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW6**
Campione: **CI2**
Prof(m): **22.5-23.0**

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. Limosa

Tensione verticale efficace (kPa) :	1569.12
Cv (cmq/sec):	9.64E-04
C alfa	2.53E-05
t50 (sec)	203
Permeabilità (cm/sec)	6.629E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.314
5	0.320
10	0.323
20	0.328
30	0.331
60	0.339
120	0.350
240	0.363
480	0.380
900	0.393
1800	0.402
3600	0.408
7200	0.412
14400	0.414
28800	0.416
86400	0.418



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/810881 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

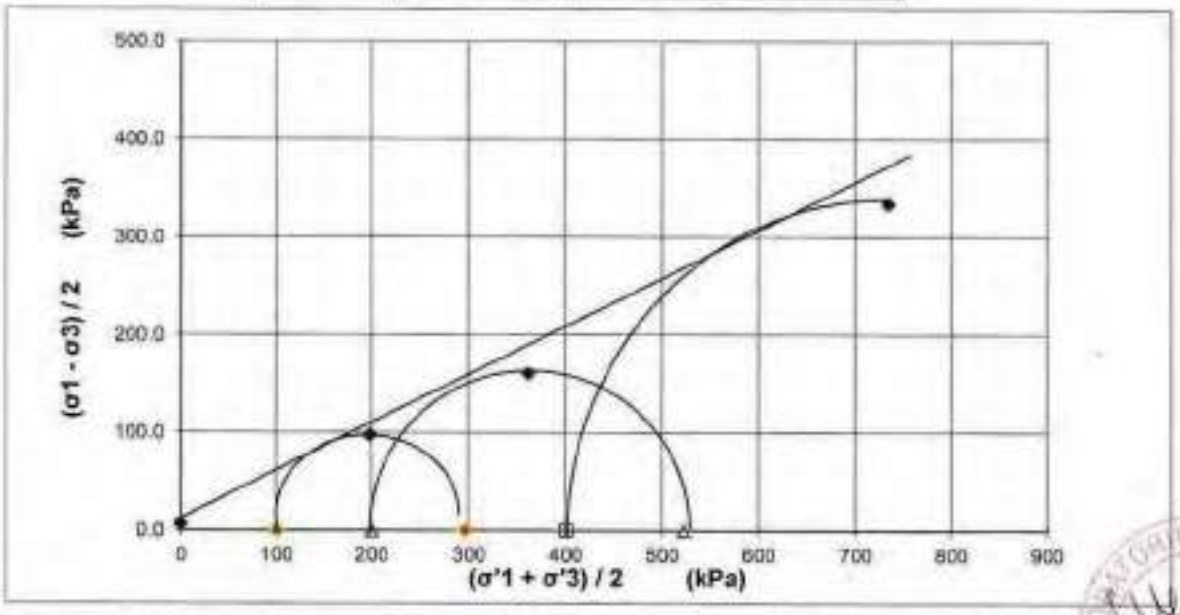
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI2** mt. **22.5-23.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Natura del Campione : **argilla nocciola deb . Limosa**

COESIONE DRENATA (kPa) : **6.83**
ANGOLO D'ATTRITO (° sess) : **26**

CONDIZIONI A ROTTURA			
Provino n°	(σ'1 + σ'3) / 2 (kPa)	(σ1 - σ3) / 2 (kPa)	Pres. Cons. (kPa)
1	197.89	97.89	100
2	361.15	161.15	200
3	734.05	334.05	400



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime deviatoriche determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

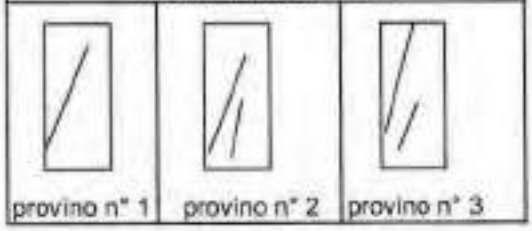
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI2** mt. **22.5-23.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Natura del Campione : **argilla nocciola deb . Limosa**

Provino n° :	1	2	3
Altezza del provino (cm)	7.62	7.62	7.62
Diametro provino (cm)	3.81	3.81	3.81
Sezione del provino (cm^2)	11.4	11.4	11.4
Volume del provino inizio consolidazione (cm^3)	86.83	86.83	86.83
Volume del provino fine consolidazione (cm^3)	83.15	82.03	80.19
Peso specifico dei granuli (kN/m^3)	25.37	25.37	25.37
Peso dell'unità di volume (kN/m^3)	18.328	18.330	18.294
Peso dell'unità di volume del terreno secco (kN/m^3)	14.939	14.939	14.908
Contenuto d'acqua(W%)	22.69	22.70	22.71
Pressione in cella (kPa)	200	300	500
Contropressione (Back Pressure) (kPa)	100	100	100
Parametro di Skempton (B)	0.91	0.88	0.89
Velocità di deformazione (mm/min)	0.009	0.009	0.009

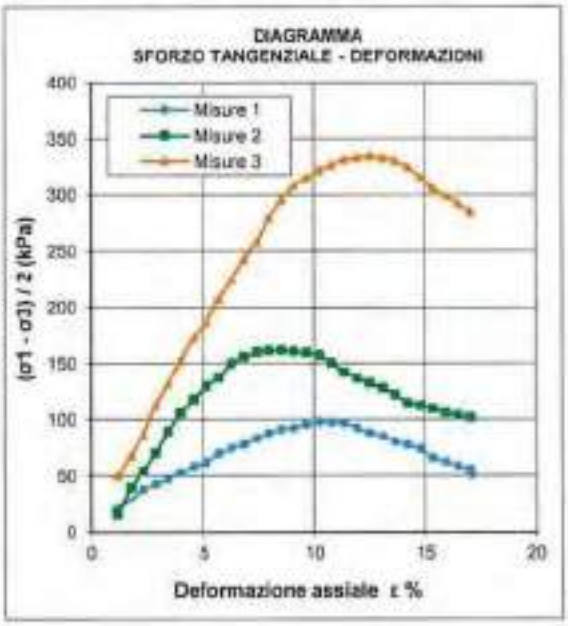
SCHEMI DI ROTTURA

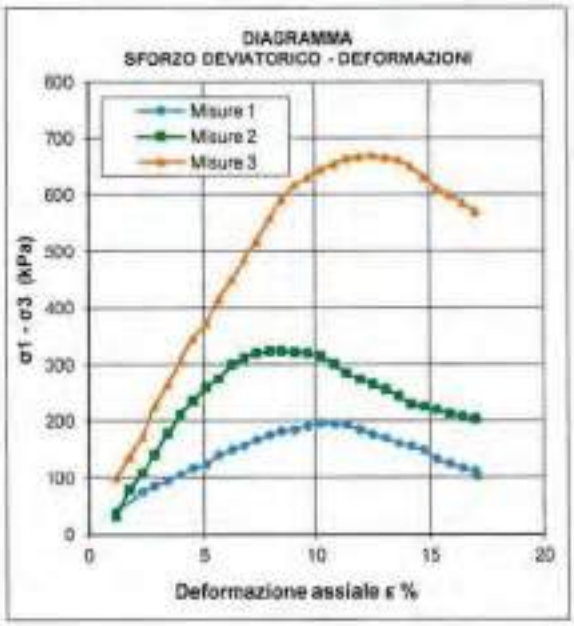


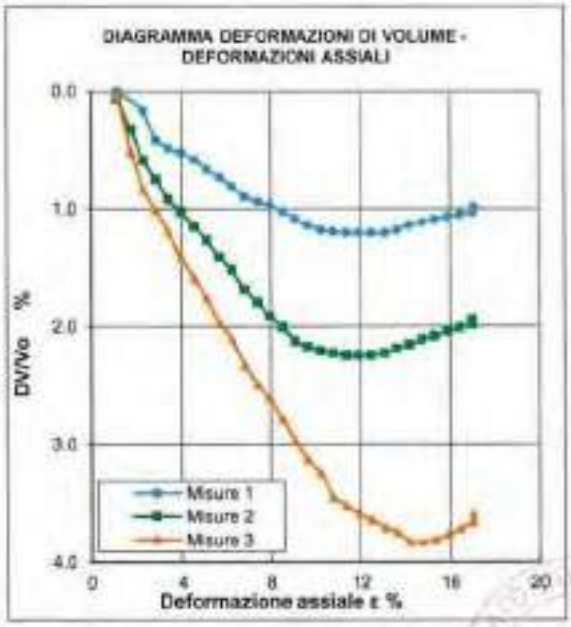
PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

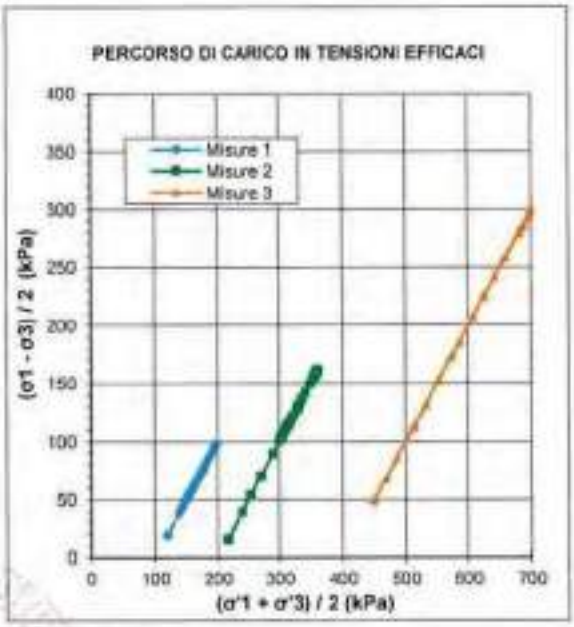
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI2** mt. **22.5-23.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024









PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI2** mt. **22.5-23.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m²	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00116	1.13	39.12	0.000	19.56	119.56	100
0.00116	2.27	75.14	0.169	37.57	137.57	100
0.00117	2.83	84.50	0.420	42.25	142.25	100
0.00117	3.40	94.02	0.488	47.01	147.01	100
0.00118	3.97	105.39	0.522	52.69	152.69	100
0.00119	4.54	116.58	0.584	58.29	158.29	100
0.00119	5.10	123.65	0.666	61.82	161.82	100
0.00120	5.67	139.13	0.734	69.56	169.56	100
0.00120	6.24	148.19	0.811	74.09	174.09	100
0.00121	6.80	155.15	0.903	77.57	177.57	100
0.00122	7.37	166.36	0.942	83.18	183.18	100
0.00122	7.94	175.41	0.975	87.71	187.71	100
0.00123	8.50	182.32	1.024	91.16	191.16	100
0.00124	9.07	184.17	1.087	92.09	192.09	100
0.00125	9.64	190.62	1.140	95.31	195.31	100
0.00125	10.20	195.79	1.183	97.89	197.89	100
0.00126	10.77	194.58	1.198	97.29	197.29	100
0.00127	11.34	193.37	1.207	96.68	196.68	100
0.00128	11.91	184.45	1.207	92.22	192.22	100
0.00128	12.47	176.01	1.207	88.00	188.00	100
0.00129	13.04	169.25	1.207	84.63	184.63	100
0.00130	13.61	160.19	1.183	80.09	180.09	100
0.00131	14.17	154.72	1.140	77.36	177.36	100
0.00132	14.74	147.49	1.116	73.74	173.74	100
0.00133	15.31	132.00	1.091	66.00	166.00	100
0.00134	15.87	124.56	1.067	62.28	162.28	100
0.00135	16.44	117.22	1.053	58.61	158.61	100
0.00136	17.01	111.85	1.039	55.93	155.93	100
0.00136	17.01	105.83	1.014	52.91	152.91	100
0.00136	17.09	101.01	0.990	50.50	150.50	100
					Provino n°1	

LEGENDA

ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI2** mt. **22.5-23.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m^2	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00115	1.13	31.33	0.073	15.66	215.66	200
0.00116	1.70	78.60	0.328	39.30	239.30	200
0.00116	2.27	107.34	0.591	53.67	253.67	200
0.00116	2.83	139.80	0.753	69.90	269.90	200
0.00117	3.40	178.57	0.924	89.28	289.28	200
0.00117	3.97	210.51	1.027	105.25	305.25	200
0.00118	4.54	235.79	1.154	117.90	317.90	200
0.00118	5.10	258.89	1.266	129.44	329.44	200
0.00119	5.67	274.28	1.413	137.14	337.14	200
0.00119	6.24	299.25	1.520	149.62	349.62	200
0.00120	6.80	310.69	1.686	155.35	355.35	200
0.00121	7.37	319.38	1.799	159.69	359.69	200
0.00121	7.94	322.30	1.911	161.15	361.15	200
0.00122	8.50	322.30	2.009	161.15	361.15	200
0.00122	9.07	320.74	2.126	160.37	360.37	200
0.00123	9.64	318.93	2.175	159.46	359.46	200
0.00124	10.20	313.88	2.209	156.94	356.94	200
0.00124	10.77	300.55	2.229	150.28	350.28	200
0.00125	11.34	283.83	2.249	141.92	341.92	200
0.00126	11.91	273.38	2.249	136.69	336.69	200
0.00127	12.47	264.43	2.249	132.22	332.22	200
0.00128	13.04	255.14	2.229	127.57	327.57	200
0.00129	13.61	243.83	2.190	121.91	321.91	200
0.00130	14.17	229.11	2.156	114.55	314.55	200
0.00130	14.74	224.69	2.112	112.35	312.35	200
0.00131	15.31	219.46	2.082	109.73	309.73	200
0.00132	15.87	211.89	2.043	105.95	305.95	200
0.00133	16.44	206.78	2.014	103.39	303.39	200
0.00134	17.01	203.12	1.985	101.56	301.56	200
0.00134	17.01	203.03	1.945	101.51	301.51	200

Provino n°2

LEGENDA
ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@libero.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW6 CI2** mt. **22.5-23.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m²	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00115	1.13	97.84	0.031	48.92	448.92	400
0.00115	1.70	135.18	0.523	67.59	467.59	400
0.00116	2.27	171.08	0.846	85.54	485.54	400
0.00116	2.83	224.82	1.020	112.41	512.41	400
0.00116	3.40	262.92	1.205	131.46	531.46	400
0.00117	3.97	304.46	1.425	152.23	552.23	400
0.00117	4.54	345.18	1.594	172.59	572.59	400
0.00118	5.10	371.50	1.769	185.75	585.75	400
0.00118	5.67	413.90	1.984	206.95	606.95	400
0.00119	6.24	448.49	2.112	224.25	624.25	400
0.00119	6.80	483.22	2.338	241.61	641.61	400
0.00120	7.37	516.01	2.502	258.00	658.00	400
0.00120	7.94	557.37	2.625	278.68	678.68	400
0.00121	8.50	590.27	2.794	295.13	695.13	400
0.00121	9.07	615.56	2.973	307.78	707.78	400
0.00122	9.64	630.02	3.137	315.01	715.01	400
0.00122	10.20	642.88	3.250	321.44	721.44	400
0.00123	10.77	652.27	3.460	326.13	726.13	400
0.00123	11.34	661.92	3.527	330.96	730.96	400
0.00124	11.91	665.05	3.599	332.52	732.52	400
0.00125	12.47	668.09	3.650	334.05	734.05	400
0.00125	13.04	664.30	3.717	332.15	732.15	400
0.00126	13.61	660.25	3.752	330.13	730.13	400
0.00127	14.17	648.84	3.834	324.42	724.42	400
0.00128	14.74	630.36	3.834	315.18	715.18	400
0.00129	15.31	610.89	3.819	305.44	705.44	400
0.00130	15.87	597.27	3.768	298.64	698.64	400
0.00131	16.44	584.36	3.722	292.18	692.18	400
0.00132	17.01	570.23	3.665	285.12	685.12	400
0.00132	17.01	568.08	3.599	284.04	684.04	400

Provino n°3

LEGENDA
ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Asoari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Aziende con sistema di gestione per la qualità certificato da RINA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **PZ4 CI1** Profondità: **13.5-14.0** **mt**
Data apertura: **15/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: [Fustella] Sacchetto Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

ALTO [A] BASSO
0 50 cm

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A	LA	Ed	PT	G.S	T.R
A	Limo argilloso poco compatto color grigio scuro	80	35	*	*	*	*	*		*	*(CID)

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa) — Aerometria/Granulometria A/G — Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa) — Limiti di Atterberg LA — Triassiale T.R
Peso di volume Y — Prova edometrica Ed — Permeabilità k
Contenuto d'acqua W — Prova di taglio PT — Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	278
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentino	Data emissione:	02/02/2024

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione : **PZ4 CI1** **mt.** **13.5-14.0**

Data prova : **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	365.44
Massa terreno secco + Tara	(g)	265.18
Massa Tara	(g)	8.28
Contenuto d'acqua - W	(%)	39.03

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm^3)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	232.26
Massa tara	(g)	73.53
Peso unità di volume - γ	(g/cm^3)	1.828
	(kN/m^3)	17.927
Peso secco unità di volume - γd	(g/cm^3)	1.315
	(kN/m^3)	12.895

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815881 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CI1 mt. 13.5-14.0**

Data inizio prova : **01/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	150.600	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	144.450	g
Mt =	Massa della terra secca	9.820	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.673	g/cm^3
	26.218	kN/m^3

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
Norma di riferimento ASTM D 422 - AGI 1994

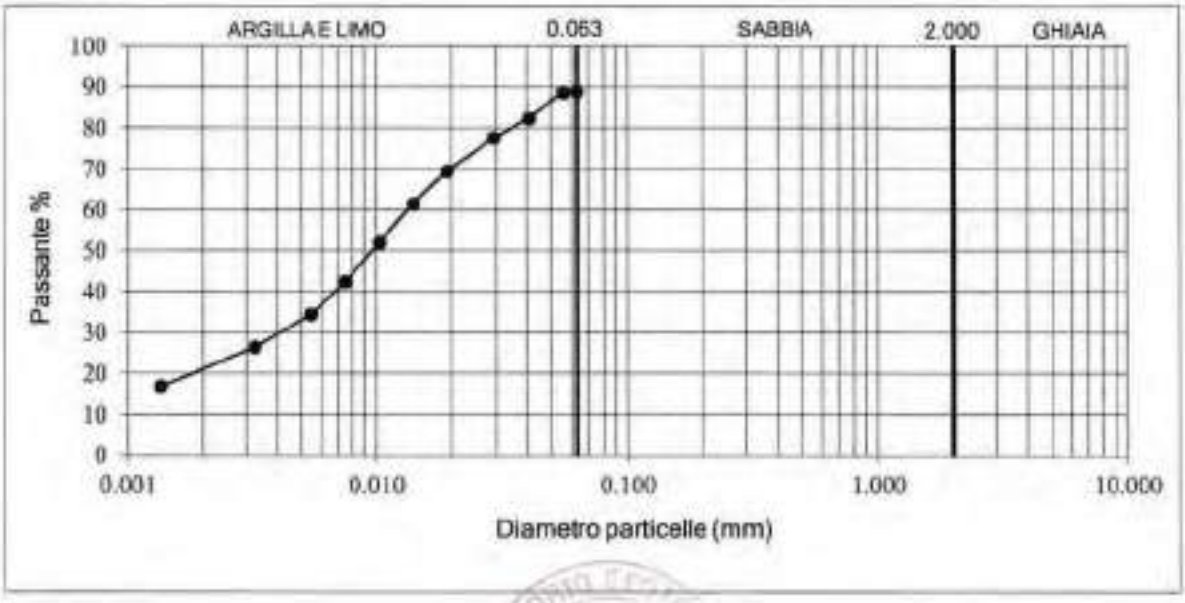
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CI1** **mt.** **13.5-14.0**
Data prova : **23/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	89.00
0.0557	88.73
0.0406	82.33
0.0293	77.53
0.0192	69.54
0.0140	61.56
0.0103	51.98
0.0075	42.40
0.0055	34.42
0.0032	26.45
0.0014	16.88

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	**(2 - 0.063mm) :**	**11%**
Limo	**(0.063 - 0.002 mm) :**	**67%**
Argilla	**(< 0.002mm) :**	**22%**

Trattenuto allo 0.063 mm :	**11%**

Umidità naturale W%	39.03



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 281
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione: 02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44010 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Aziende con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG
Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CI1 mt. 13.5-14.0**
Data prova : **31/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	37	26	13		
Massa terreno umido + tara (g)	36.25	44.13	44.82	21.77	365.44
Massa terreno secco + tara (g)	29.03	34.20	33.98	19.53	265.18
Massa acqua contenuta (g)	7.22	9.93	10.84	2.24	100.26
Massa tara (g)	13.43	13.72	13.43	9.81	8.28
Massa terreno secco (g)	15.60	20.48	20.6	9.72	256.90
Contenuto d'acqua %	46.3	48.5	52.7	23.0	39.0

Limite liquido %	**49**
Limite Plastico %	**23**
Umidita' naturale %	**39.0**
Indice Plastico %	**26**
Indice di consistenza	**0.39**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

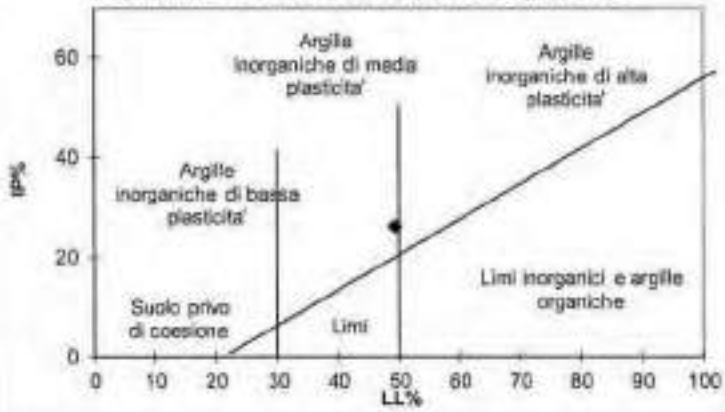


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	282
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	02/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CI1 mt. 13.5-14.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**89.00**
Limite liquido (%) :	**49**
Indice di plasticità (%) :	**26**
Indice di gruppo :	**16.20**
Gruppo :	**A7-6**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CI1 mt. 13.5-14.0**

Data inizio prova: **02/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A7-6**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**CL**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815661 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

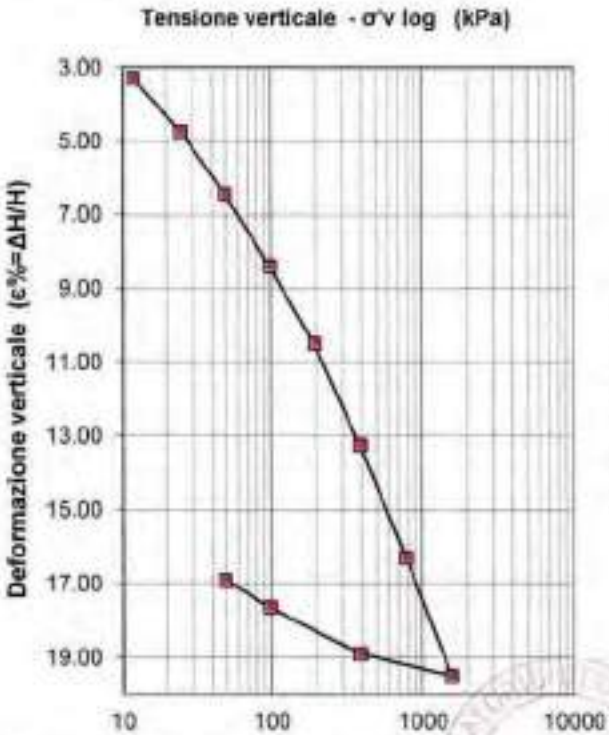
Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KWA «UNI EN ISO 9001»

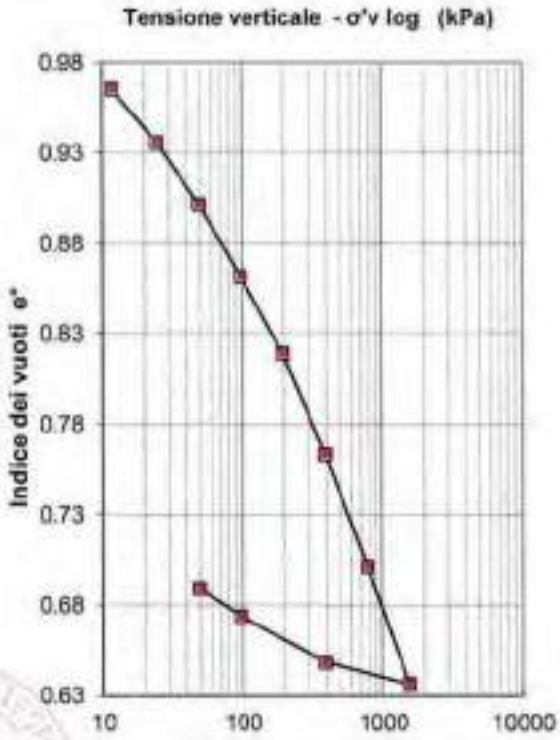
PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantierte : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)** Sondaggio: **PZ4**
Data inizio prova : **15/01/2024** Campione: **CI1**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024 Prof.(m): **13.5-14.0**

σ'v (kPa) tensione verticale	ΔH (mm) cedimento	ε % def. verticale	e° indice vuoti	Mo (kPa) modulo edometrico
11.768	0.66	3.30	0.97	
24.518	0.95	4.75	0.94	879.25
49.035	1.29	6.45	0.90	1442.21
98.070	1.68	8.40	0.86	2514.62
196.140	2.10	10.50	0.82	4670.00
392.280	2.65	13.25	0.76	7132.36
784.560	3.26	16.30	0.70	12861.64
1569.120	3.90	19.50	0.64	24517.50
392.280	3.78	18.90	0.65	
98.070	3.53	17.65	0.67	
49.035	3.38	16.90	0.69	

Natura del campione :	limo argilloso
Peso dell'unità di volume: (kN/m³)	17.93
Peso di volume terreno secco : (kN/m³)	12.89
Contenuto d'acqua naturale : (%)	39.03
Peso specifico dei granuli : (kN/m³)	26.21
Indice dei vuoti inizio prova : (e°)	1.03





Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	284
1 di 7	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

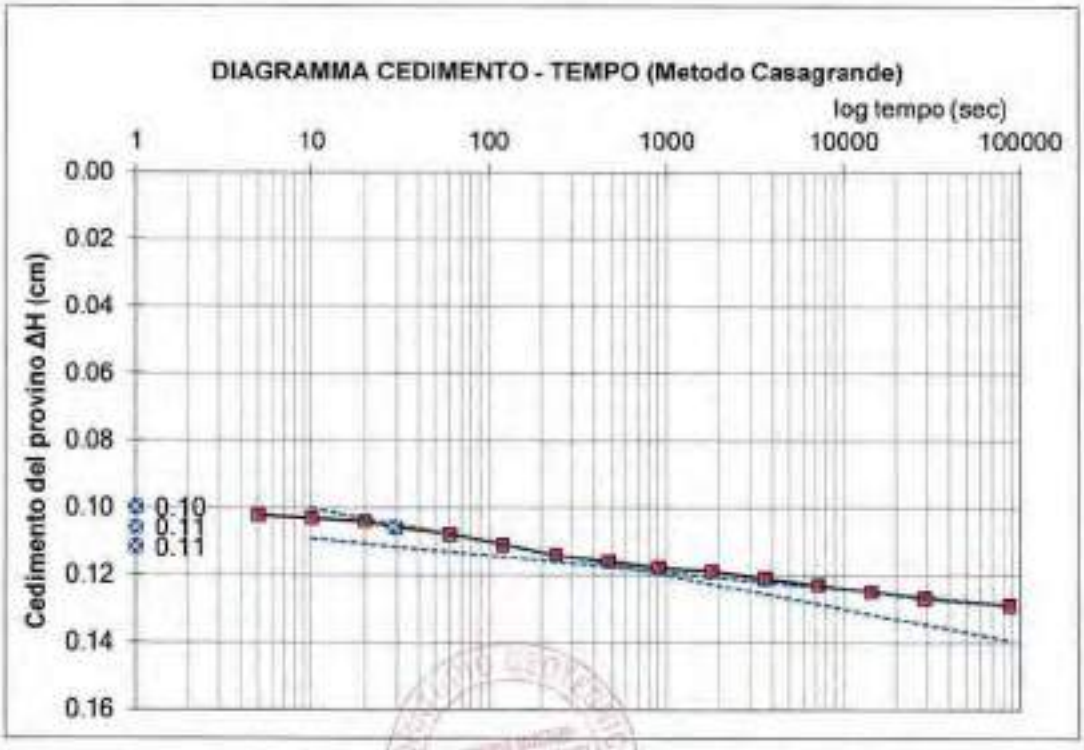
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **15/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **PZ4**
Campione: **CI1**
Prof(m): **13.5-14.0**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) 49.035
Cv (cmq/sec): 6.85E-03
C alfa 2.53E-05
t50 (sec) 29
Permeabilità (cm/sec) 4.66E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.100
5	0.100
10	0.102
20	0.103
30	0.104
60	0.106
120	0.108
240	0.111
480	0.114
900	0.116
1800	0.118
3600	0.119
7200	0.121
14400	0.123
28800	0.125
86400	0.127



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

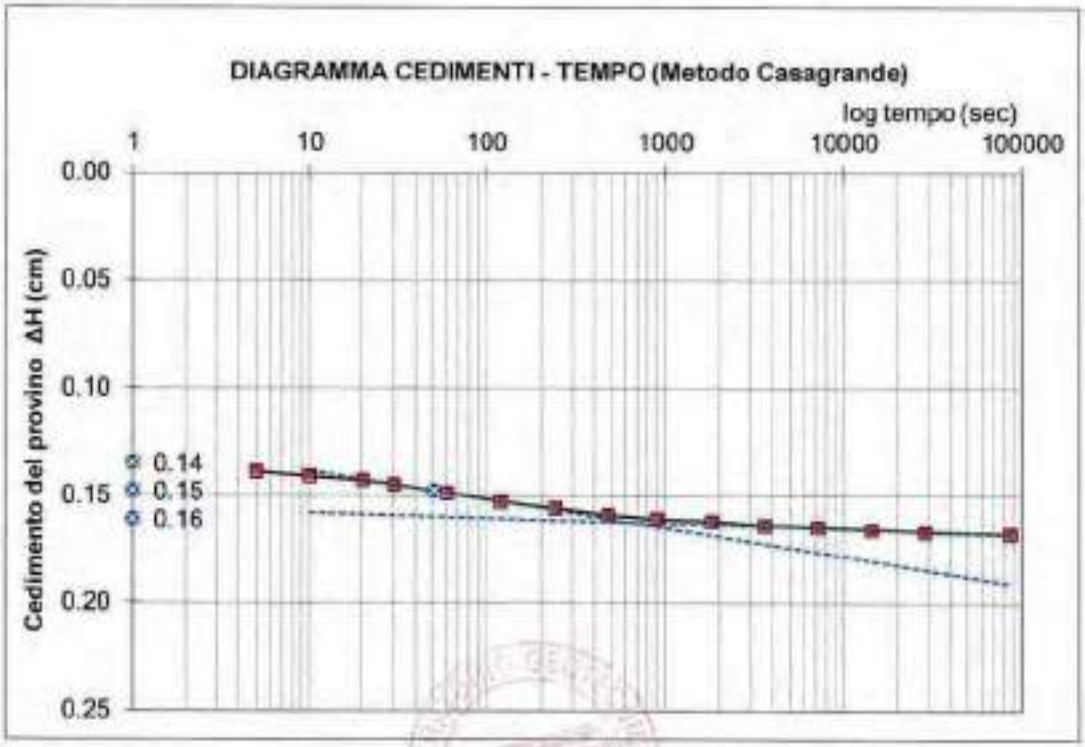
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **15/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **PZ4**
Campione: **CI1**
Prof(m): **13.5-14.0**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) 98.07
Cv (cmq/sec): 3.85E-03
C alfa 1.26E-05
t50 (sec) 51
Permeabilità (cm/sec) 1.5E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.135
5	0.139
10	0.141
20	0.143
30	0.145
60	0.149
120	0.153
240	0.156
480	0.159
900	0.161
1800	0.162
3600	0.164
7200	0.165
14400	0.166
28800	0.167
86400	0.168



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

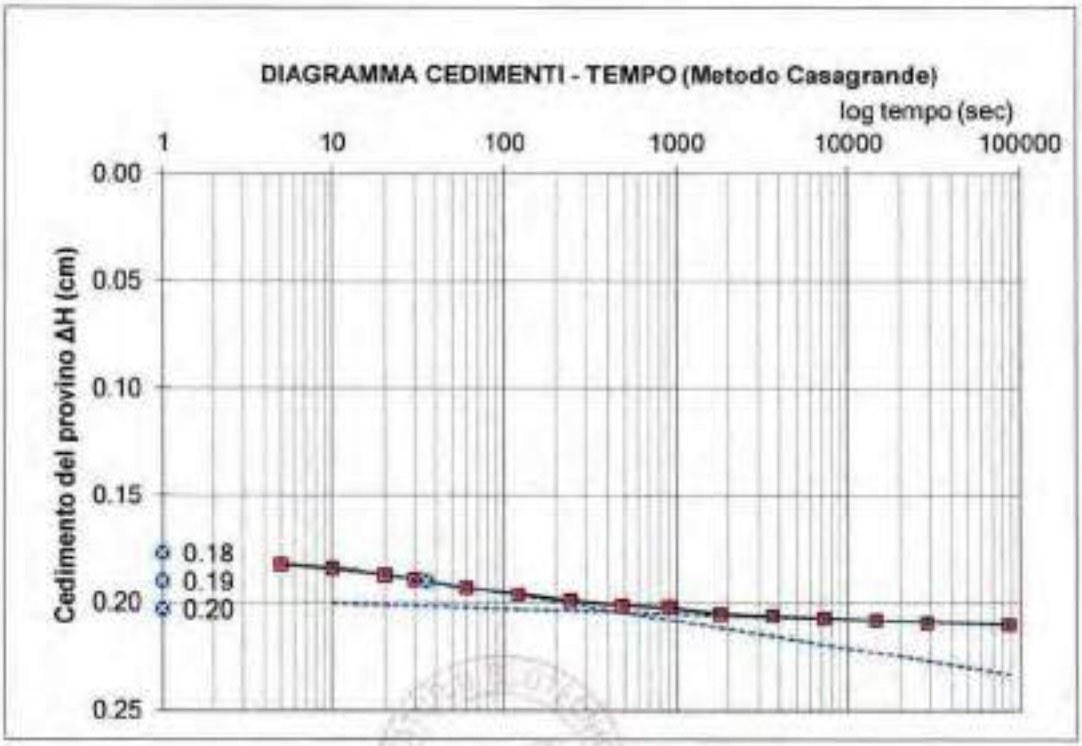
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **15/01/2024**
Verbale di accettazione n.8 del 12/01/2024

Sondaggio: **PZ4**
Campione: **CI1**
Prof(m): **13.5-14.0**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	196.14
Cv (cmq/sec):	5.64E-03
C alfa	1.26E-05
t50 (sec)	35
Permeabilità (cm/sec)	1.184E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.179
5	0.182
10	0.184
20	0.187
30	0.189
60	0.193
120	0.196
240	0.199
480	0.201
900	0.202
1800	0.205
3600	0.206
7200	0.207
14400	0.208
28800	0.209
86400	0.210



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

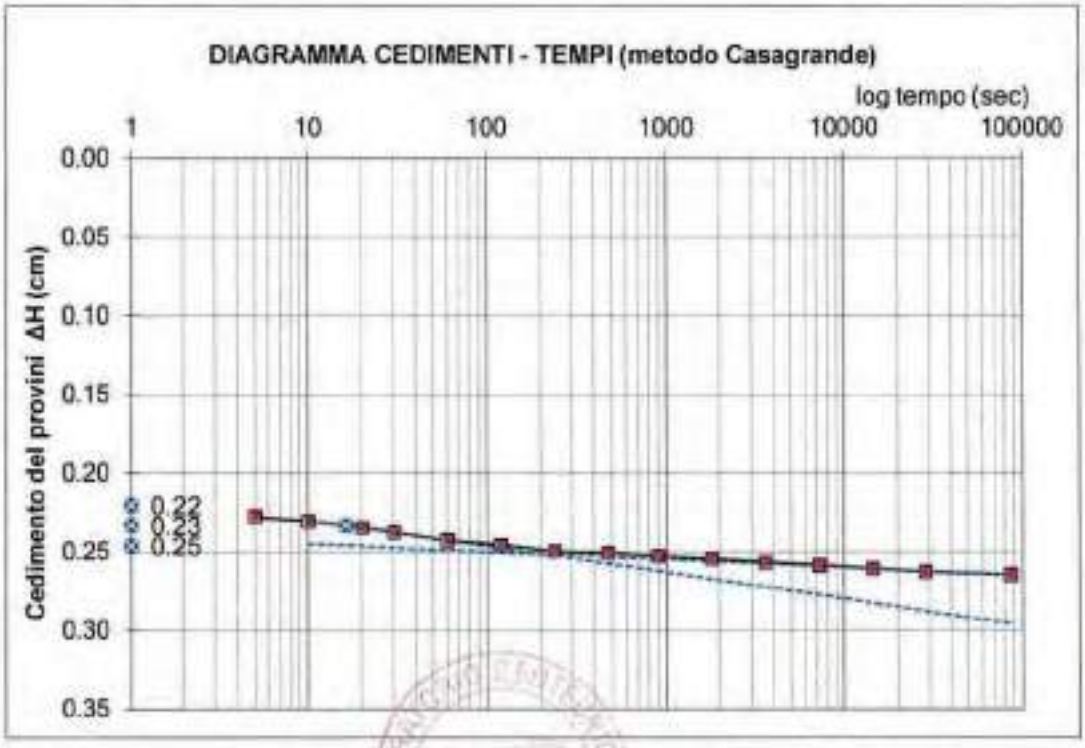
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **15/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **PZ4**
Campione: **CI1**
Prof(m): **13.5-14.0**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	392.28
Cv (cmq/sec):	1.21E-02
C alfa	2.53E-05
t50 (sec)	16
Permeabilità (cm/sec)	1.661E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.220
5	0.228
10	0.231
20	0.235
30	0.238
60	0.243
120	0.246
240	0.250
480	0.251
900	0.253
1800	0.255
3600	0.257
7200	0.259
14400	0.261
28800	0.263
86400	0.265



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815651 -
www.mucchilab.it - e-mail mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **15/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

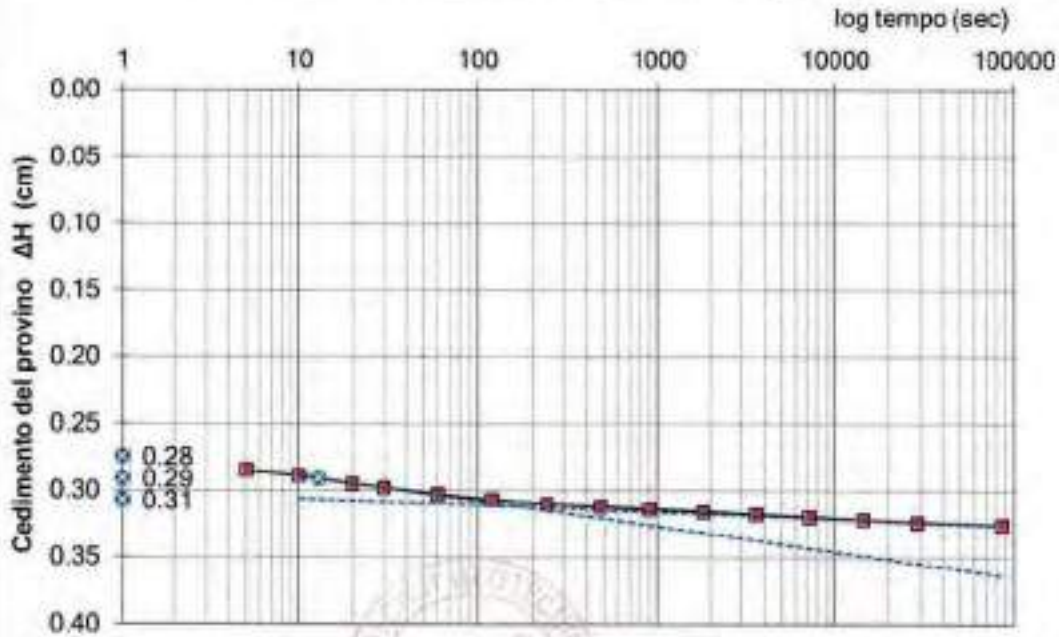
Sondaggio: **PZ4**
Campione: **CI1**
Prof(m): **13.5-14.0**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	784.56
Cv (cmq/sec):	1.52E-02
C alfa	2.53E-05
t50 (sec)	13
Permeabilità (cm/sec)	1.16E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.273
5	0.285
10	0.289
20	0.295
30	0.298
60	0.303
120	0.307
240	0.310
480	0.312
900	0.314
1800	0.316
3600	0.318
7200	0.320
14400	0.322
28800	0.324
86400	0.326

DIAGRAMMA CEDIMENTI-TEMPO (Metodo Casagrande)



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	284
6 di 7	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente:	**S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere:	**Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova:	**15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

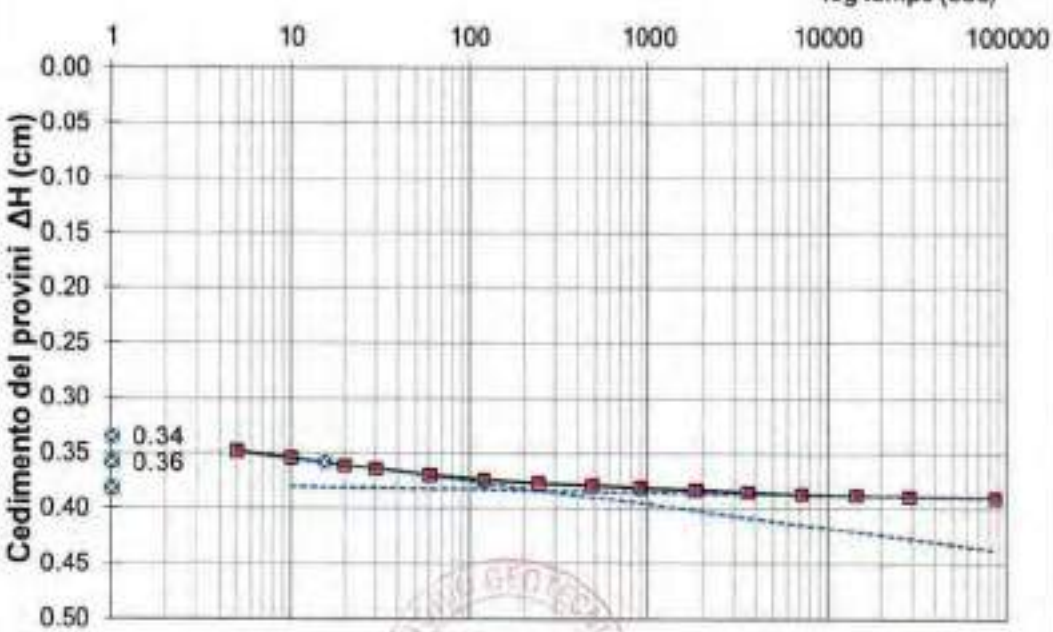
Sondaggio:	**PZ4**
Campione:	**CI1**
Prof(m):	**13.5-14.0**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	1569.12
Cv (cmq/sec):	1.27E-02
C alfa	1.27E-05
t50 (sec)	15
Permeabilità (cm/sec)	5.06E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.335
5	0.348
10	0.354
20	0.361
30	0.364
60	0.370
120	0.374
240	0.377
480	0.379
900	0.381
1800	0.383
3600	0.385
7200	0.387
14400	0.388
28800	0.389
86400	0.390

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	284
7 di 7	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	02/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

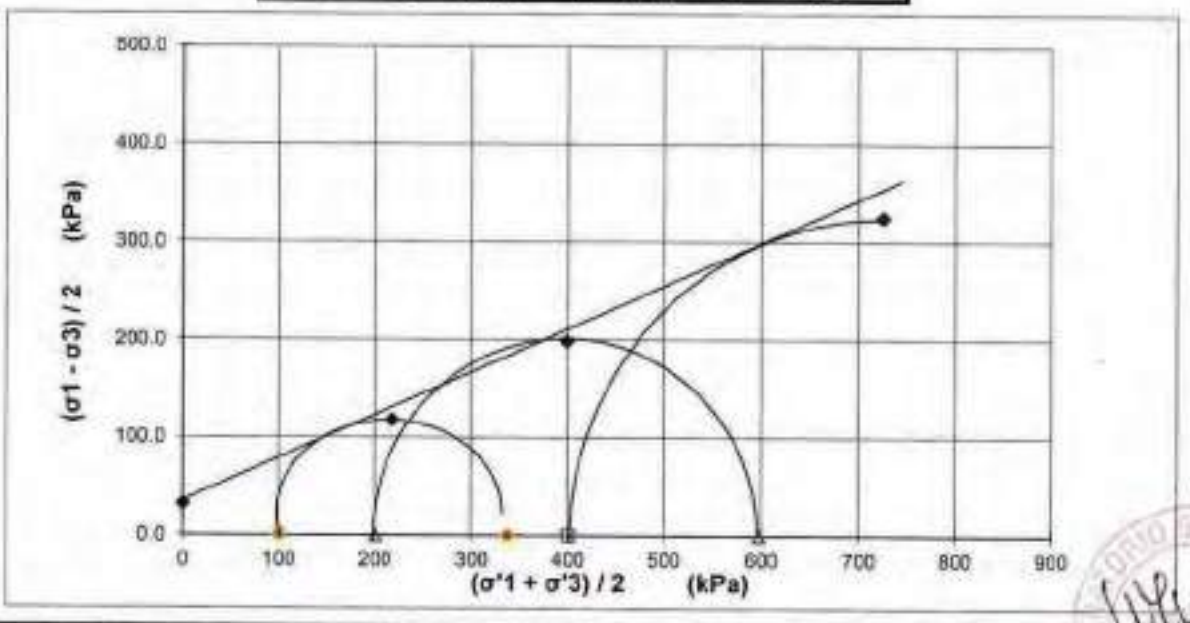
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CI1** mt. **13.5-14.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Natura del Campione : **limo argilloso grigio scuro**

COESIONE DRENATA (kPa) : **35.41**
ANGOLO D'ATTRITO (° sess) : **24**

CONDIZIONI A ROTTURA			
Provino n°	(σ'1 + σ'3) / 2 (kPa)	(σ1 - σ3) / 2 (kPa)	Pres. Cons. (kPa)
1	218.16	118.16	100
2	398.40	198.40	200
3	725.29	325.29	400



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime deviatoriche determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

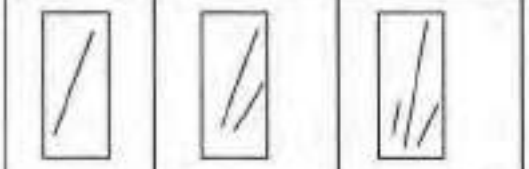
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CI1** mt. **13.5-14.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Natura del Campione : **limo argilloso grigio scuro**

Provino n° :	1	2	3
Altezza del provino (cm)	7.62	7.62	7.62
Diametro provino (cm)	3.81	3.81	3.81
Sezione del provino (cm^2)	11.4	11.4	11.4
Volume del provino inizio consolidazione (cm^3)	86.83	86.83	86.83
Volume del provino fine consolidazione (cm^3)	82.16	80.26	78.27
Peso specifico dei granuli (kN/m^3)	26.21	26.21	26.21
Peso dell'unità di volume (kN/m^3)	17.927	18.073	18.086
Peso dell'unità di volume del terreno secco (kN/m^3)	12.895	13.001	13.010
Contenuto d'acqua(W%)	39.03	39.01	39.02
Pressione in cella (kPa)	200	300	500
Contropressione (Back Pressure) (kPa)	100	100	100
Parametro di Skempton (B)	0.89	0.91	0.9
Velocità di deformazione (mm/min)	0.009	0.009	0.009

SCHEMI DI ROTTURA



provino n° 1 | provino n° 2 | provino n° 3

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

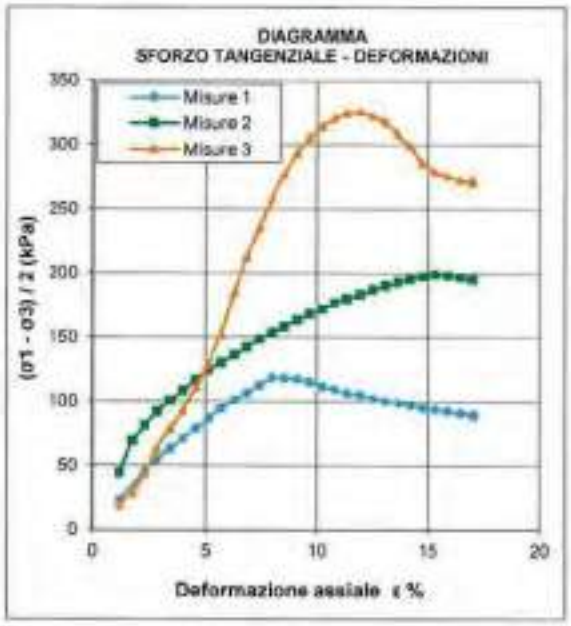
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

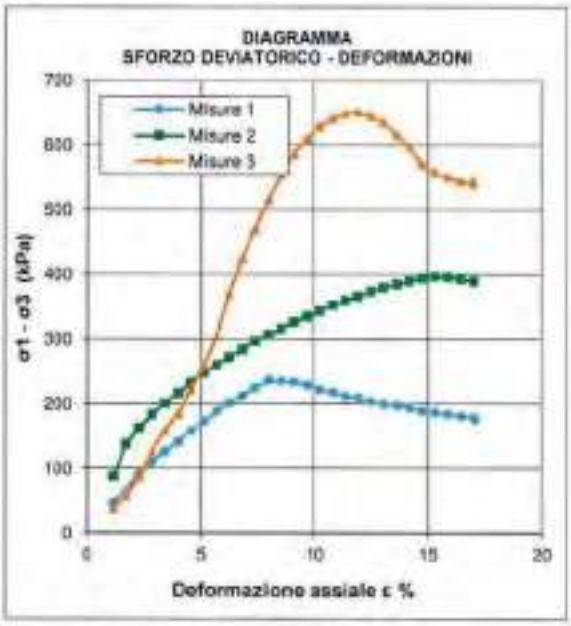
Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

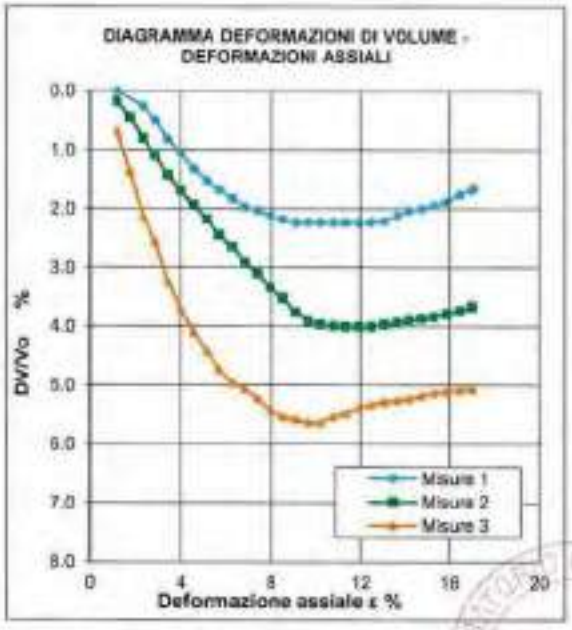
PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

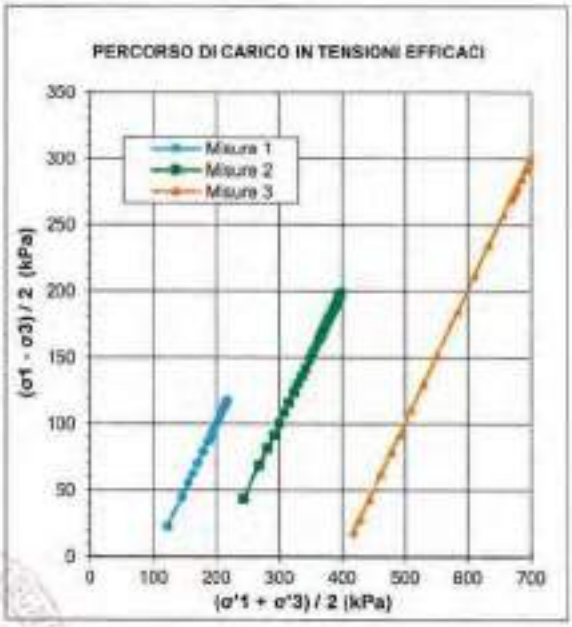
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CI1** mt. **13.5-14.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024









Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	285
2 di 5	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentino	Data emissione:	02/02/2024

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CI1** mt. **13.5-14.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m²	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00115	1.13	45.80	0.000	22.90	122.90	100
0.00116	2.27	90.83	0.266	45.41	145.41	100
0.00117	2.83	110.13	0.502	55.06	155.06	100
0.00117	3.40	125.77	0.826	62.89	162.89	100
0.00117	3.97	141.20	1.062	70.60	170.60	100
0.00118	4.54	157.80	1.328	78.90	178.90	100
0.00118	5.10	172.96	1.531	86.48	186.48	100
0.00119	5.67	187.88	1.681	93.94	193.94	100
0.00119	6.24	201.47	1.830	100.74	200.74	100
0.00120	6.80	212.54	1.975	106.27	206.27	100
0.00120	7.37	224.45	2.033	112.23	212.23	100
0.00121	7.94	236.32	2.125	118.16	218.16	100
0.00121	8.50	235.02	2.183	117.51	217.51	100
0.00122	9.07	233.73	2.241	116.86	216.86	100
0.00123	9.64	228.93	2.241	114.46	214.46	100
0.00124	10.20	222.02	2.241	111.01	211.01	100
0.00124	10.77	218.10	2.241	109.05	209.05	100
0.00125	11.34	212.25	2.241	106.12	206.12	100
0.00126	11.91	209.18	2.241	104.59	204.59	100
0.00127	12.47	203.66	2.241	101.83	201.83	100
0.00128	13.04	199.59	2.212	99.79	199.79	100
0.00129	13.61	197.24	2.125	98.62	198.62	100
0.00130	14.17	193.54	2.033	96.77	196.77	100
0.00131	14.74	188.82	2.004	94.41	194.41	100
0.00132	15.31	186.32	1.946	93.16	193.16	100
0.00133	15.87	183.91	1.888	91.96	191.96	100
0.00134	16.44	180.65	1.767	90.33	190.33	100
0.00135	17.01	178.44	1.681	89.22	189.22	100
0.00135	17.06	176.51	1.652	88.26	188.26	100
0.00135	17.07	176.20	1.652	88.50	188.50	100
					Provino n°1	

LEGENDA

ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CI1** mt. **13.5-14.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m^2	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00115	1.13	87.44	0.181	43.72	243.72	200
0.00115	1.70	137.61	0.450	68.81	268.81	200
0.00116	2.27	162.26	0.807	81.13	281.13	200
0.00116	2.83	183.15	1.105	91.57	291.57	200
0.00116	3.40	200.46	1.432	100.23	300.23	200
0.00116	3.97	216.38	1.701	108.19	308.19	200
0.00117	4.54	232.12	1.941	116.06	316.06	200
0.00117	5.10	247.76	2.180	123.88	323.88	200
0.00117	5.67	259.88	2.449	129.94	329.94	200
0.00118	6.24	271.72	2.654	135.86	335.86	200
0.00118	6.80	283.68	2.923	141.84	341.84	200
0.00119	7.37	296.40	3.104	148.20	348.20	200
0.00119	7.94	306.93	3.344	153.47	353.47	200
0.00120	8.50	315.99	3.519	157.99	357.99	200
0.00120	9.07	326.34	3.759	163.17	363.17	200
0.00120	9.64	335.12	3.911	167.56	367.56	200
0.00121	10.20	343.42	3.969	171.71	371.71	200
0.00122	10.77	352.61	3.999	176.30	376.30	200
0.00123	11.34	359.33	4.008	179.67	379.67	200
0.00123	11.91	365.91	4.008	182.95	382.95	200
0.00124	12.47	373.47	4.008	186.73	386.73	200
0.00125	13.04	379.62	3.969	189.81	389.81	200
0.00126	13.61	384.62	3.940	192.31	392.31	200
0.00127	14.17	389.47	3.901	194.74	394.74	200
0.00128	14.74	394.24	3.867	197.12	397.12	200
0.00129	15.31	396.80	3.837	198.40	398.40	200
0.00130	15.87	395.76	3.788	197.88	397.88	200
0.00131	16.44	392.86	3.739	196.43	396.43	200
0.00132	17.01	389.15	3.676	194.57	394.57	200
0.00132	17.01	389.11	3.656	194.56	394.56	200

Provino n°2

LEGENDA
ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CI1** ml. **13.5-14.0**
Data inizio prova: **15/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m²	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00114	1.13	37.09	0.697	18.55	418.55	400
0.00114	1.70	56.36	1.374	28.18	428.18	400
0.00114	2.27	86.05	2.158	43.02	443.02	400
0.00114	2.83	125.40	2.563	62.70	462.70	400
0.00114	3.40	157.30	3.255	78.65	478.65	400
0.00114	3.97	183.48	3.717	91.74	491.74	400
0.00114	4.54	220.83	4.101	110.41	510.41	400
0.00114	5.10	259.89	4.434	129.95	529.95	400
0.00114	5.67	303.05	4.737	151.53	551.53	400
0.00115	6.24	368.92	4.962	184.46	584.46	400
0.00115	6.80	424.18	5.065	212.09	612.09	400
0.00116	7.37	469.78	5.229	234.89	634.89	400
0.00116	7.94	515.25	5.434	257.62	657.62	400
0.00117	8.50	553.78	5.536	276.89	676.89	400
0.00117	9.07	585.70	5.588	292.85	692.85	400
0.00118	9.64	610.26	5.639	305.13	705.13	400
0.00119	10.20	628.33	5.639	314.17	714.17	400
0.00120	10.77	640.75	5.536	320.37	720.37	400
0.00120	11.34	648.77	5.485	324.39	724.39	400
0.00121	11.91	650.57	5.383	325.29	725.29	400
0.00122	12.47	644.86	5.331	322.43	722.43	400
0.00123	13.04	634.73	5.280	317.36	717.36	400
0.00124	13.61	616.04	5.254	308.02	708.02	400
0.00125	14.17	597.55	5.229	298.77	698.77	400
0.00126	14.74	570.37	5.177	285.19	685.19	400
0.00127	15.31	557.48	5.126	278.74	678.74	400
0.00128	15.87	550.53	5.106	275.27	675.27	400
0.00128	16.44	544.36	5.080	272.18	672.18	400
0.00129	17.01	539.81	5.065	269.90	669.90	400
0.00129	17.01	544.88	5.044	272.44	672.44	400

Provino n°3

LEGENDA
ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **PZ4 CR1** Profondità: **1.5-2.5** **mt**
Data apertura: **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia media in matrice sabbiosa color marrone				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa) — Aerometria/Granulometria A/G — Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa) — Limiti di Alberberg LA — Triassiale T.R
Peso di volume Y — Prova edometrica Ed — Permeabilità k
Contenuto d'acqua W — Prova di taglio PT — Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	292
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA ~UNI EN ISO 9001~

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR1 mt. 1.5-2.5**

Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	1877.620	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1731.340	g
Mt =	Massa della terra secca	236.150	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.625	g/cm^3
	25.747	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	293
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815581 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA ~UNI EN ISO 9001~

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

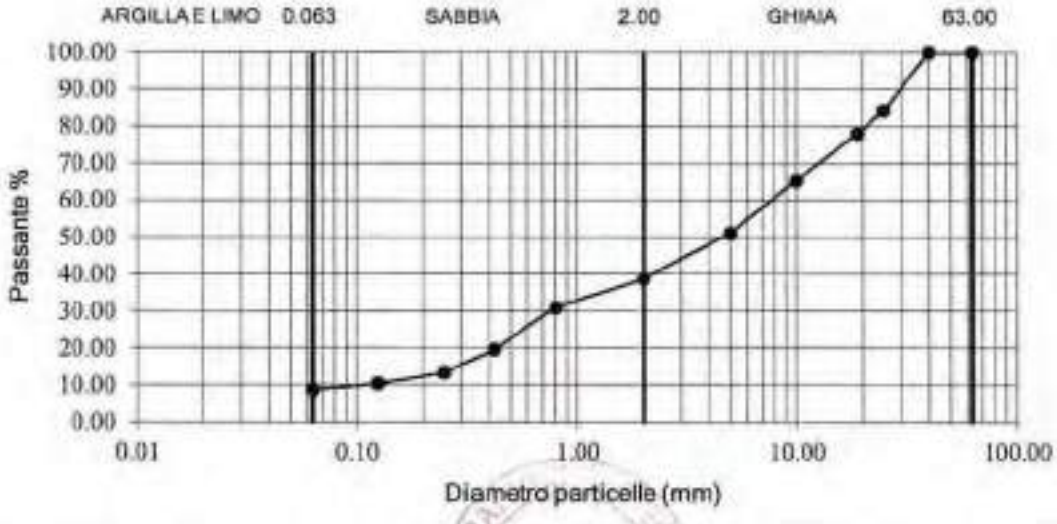
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CR1** **mt. 1.5-2.5**
Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	84.22
19	78.00
10	65.31
5	51.10
2	38.66
0.800	30.92
0.420	19.53
0.250	13.29
0.1250	10.40
0.0630	8.75

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	61%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	30%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	9%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	10.04



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	294
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR1 mt. 1.5-2.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**38.66**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**19.53**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**8.75**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR1 mt. 1.5-2.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**GW-GM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **PZ4 CR2** Profondità: **5.0-6.0** **mt**
Data apertura: **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia fine in matrice sabbiosa color marrone				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa) — Aerometria/Granulometria A/G — Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa) — Limiti di Atterberg LA — Triassiale T.R
Peso di volume Y — Prova edometrica Ed — Permeabilità k
Contenuto d'acqua W — Prova di taglio PT — Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	296
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR2 mt. 5.0-6.0**

Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	1878.150	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1731.340	g
Mt =	Massa della terra secca	237.780	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.612	g/cm^3
	25.612	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	297
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Veronica	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815581 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

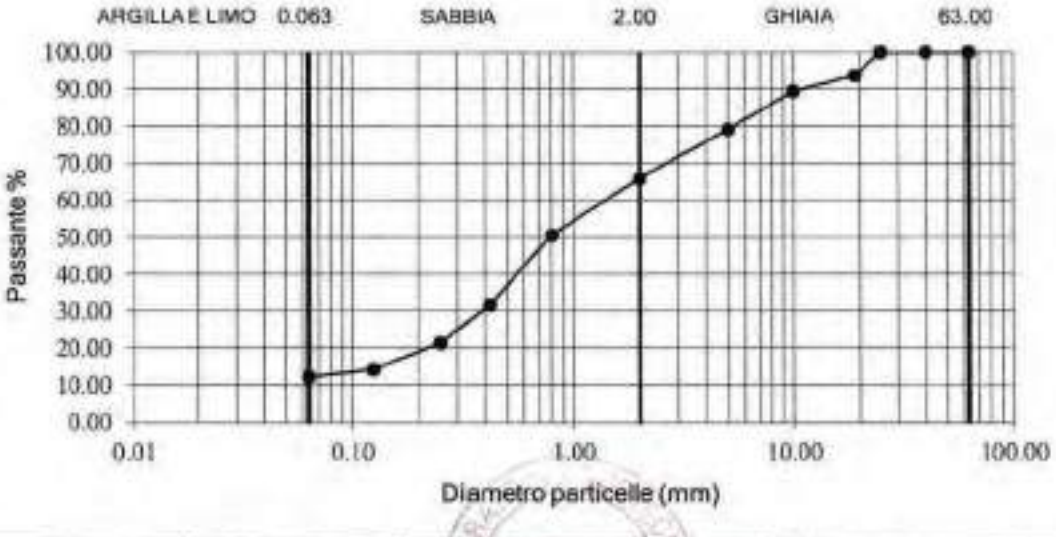
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CR2** **mt. 5.0-6.0**
Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	100.00
19	93.71
10	89.47
5	79.26
2	65.83
0.800	50.54
0.420	31.74
0.250	21.35
0.1250	14.20
0.0630	12.14

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	34%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	54%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	12%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	9.83



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	298
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR2 mt. 5.0-6.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**65.83**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**31.74**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**12.14**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-b**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR2 mt. 5.0-6.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-b**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SP-SM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815691 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **PZ4 CR3** Profondità: **9.0-10.0** **mt**
Data apertura: **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Sabbia color marrone con ghiaia fine				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)
Vane test V.T (kPa)
Peso di volume Y
Contenuto d'acqua W
Aerometria/Granulometria A/G
Limiti di Atterberg LA
Prova edometrica Ed
Prova di taglio PT
Compressione E.L.L C
Triassiale T.R
Permeabilità k
Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	300
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Aziende con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR3 mt. 9.0-10.0**

Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	**Massa del picnometro+acqua+ terra**	**1847.940**	**g**
T =	**Temperatura dell'acqua**	**15.0**	**°C**
Ma =	**Massa del Picnometro + acqua**	**1733.150**	**g**
Mt =	**Massa della terra secca**	**185.450**	**g**
ρa =	**Densità acqua distillata e disaerata**	**0.99913**	**g/cm³**

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	**2.622**	**g/cm³**
	25.716	**kN/m³**

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	301
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

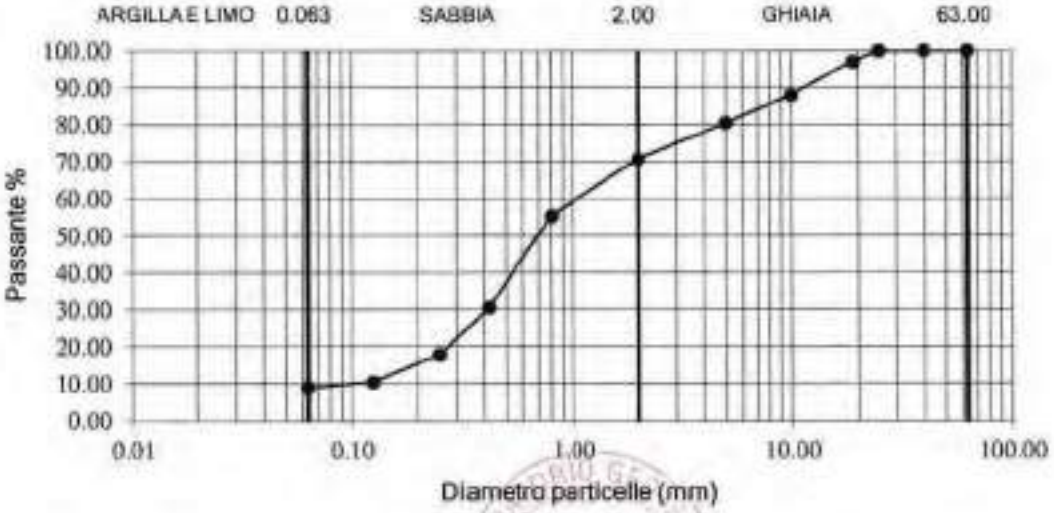
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CR3** **mt. 9.0-10.0**
Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	100.00
19	97.12
10	88.11
5	80.44
2	70.68
0.800	55.35
0.420	30.57
0.250	17.84
0.1250	10.45
0.0630	8.92

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	29%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	62%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	9%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	11.56



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	302
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR3 mt. 9.0-10.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**70.68**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**30.57**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**8.92**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-b**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR3 mt. 9.0-10.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-b**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SW-SM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **PZ4 CR4** Profondità: **15.5-16.5** **mt**
Data apertura: **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia fine in matrice sabbiosa color nocciola				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa) — Limiti di Atterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	304
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR4 mt. 15.5-16.5**

Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	1839.000	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1733.150	g
Mt =	Massa della terra secca	168.510	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.687	g/cm^3
	26.351	kN/m^3

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Aecari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA -UNI EN ISO 9001-

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

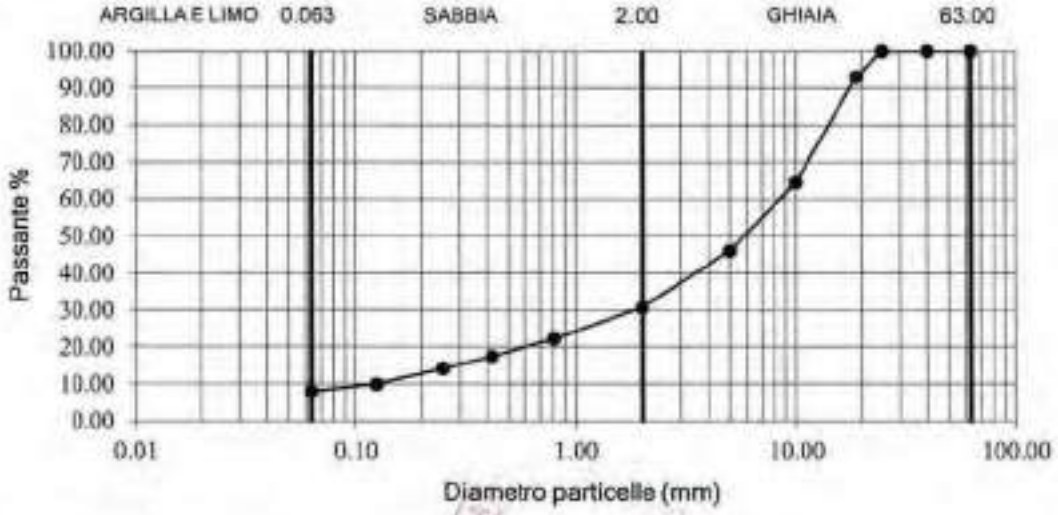
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CR4** **mt. 15.5-16.5**
Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	100.00
19	93.03
10	64.44
5	45.96
2	30.55
0.800	22.20
0.420	17.43
0.250	14.11
0.1250	9.92
0.0630	7.92

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	69%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	23%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	8%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	7.58



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	306
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR4 mt. 15.5-16.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**30.55**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**17.43**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**7.92**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR4 mt. 15.5-16.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**GW-GM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **PZ4 CR5** Profondità: **21.4-21.8** **mt**
Data apertura: **31/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A	LA	Ed	PT	G.S	T.R
A	Limo argilloso color nocciola				•	•	•			•	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)	Aerometria/Granulometria A/G	Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa)	Limiti di Atterberg LA	Triassiale T.R
Peso di volume Y	Prova edometrica Ed	Permeabilità k
Contenuto d'acqua W	Prove di taglio PT	Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	308
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Macchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR5 mt. 21.4-21.8**

Data inizio prova : **06/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	**Massa del picnometro+acqua+ terra**	**156.250**	**g**
T =	**Temperatura dell'acqua**	**15.0**	**°C**
Ma =	**Massa del Picnometro + acqua**	**150.260**	**g**
Mt =	**Massa della terra secca**	**9.710**	**g**
***ρa* =**	**Densità acqua distillata e disaerata**	**0.99913**	**g/cm³**

(Peso Specifico) = *ρs* = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ρa	**2.608**	**g/cm³**
	25.576	**kN/m³**

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	309
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
Norma di riferimento ASTM D 422 - AGI 1994

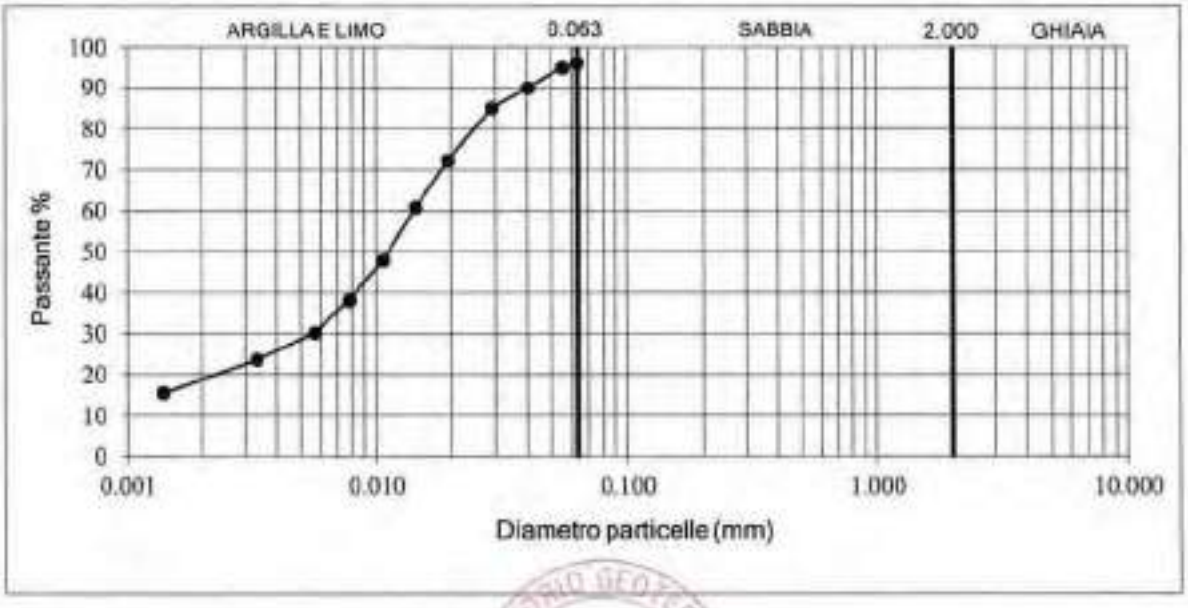
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CR5 mt. 21.4-21.8**
Data prova : **06/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	96.00
0.0554	94.94
0.0402	90.06
0.0291	85.19
0.0194	72.22
0.0144	60.87
0.0107	47.91
0.0078	38.19
0.0056	30.09
0.0033	23.62
0.0014	15.52

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	(2 - 0.063mm) :	4%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	77%
Argilla	(< 0.002mm) :	19%

Trattenuto allo 0.063 mm :	4%

Umidità naturale W%	29.48



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 310
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione: 07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG
Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **PZ4 CR5 mt. 21.4-21.8**
Data prova : **05/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	33	22	10		
Massa terreno umido + tara (g)	26.43	33.08	38.56	18.82	365.06
Massa terreno secco + tara (g)	22.51	27.00	30.32	16.95	283.77
Massa acqua contenuta (g)	3.92	6.08	8.24	1.87	81.29
Massa tara (g)	13.53	13.76	13.22	9.60	8.02
Massa terreno secco (g)	8.98	13.24	17.1	7.35	275.75
Contenuto d'acqua %	43.7	45.9	48.2	25.4	29.5

Limite liquido %	**45**
Limite Plastico %	**25**
Umidita' naturale %	**29.5**
Indice Plastico %	**20**
Indice di consistenza	**0.80**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

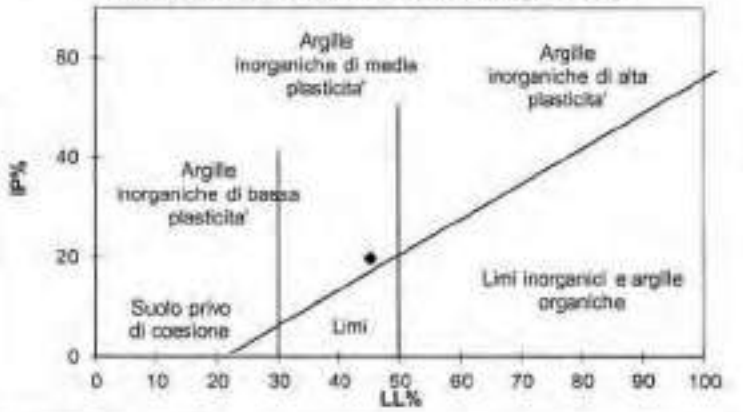


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	311
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) – Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA -UNI EN ISO 9001-

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR5 mt. 21.4-21.8**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**96.00**
Limite liquido (%) :	**45**
Indice di plasticità (%) :	**20**
Indice di gruppo :	**13.00**
Gruppo :	**A7-6**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	312
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR5 mt. 21.4-21.8**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A7-6**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**CL**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **PZ4 CR6** Profondità: **25.0-26.0** **mt**
Data apertura: **31/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A+G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Sabbia limosa color nocciola				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa)	Aerometria/Granulometria **A/G**	Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa)	Limiti di Atterberg **LA**	Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y**	Prova edometrica **Ed**	Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W**	Prova di taglio **PT**	Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	313
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR6 mt. 25.0-26.0**

Data inizio prova : **06/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	**Massa del picnometro+acqua+ terra**	**154.940**	**g**
T =	**Temperatura dell'acqua**	**15.0**	**°C**
Ma =	**Massa del Picnometro + acqua**	**148.790**	**g**
Mt =	**Massa della terra secca**	**9.980**	**g**
ρa =	**Densità acqua distillata e disaerata**	**0.99913**	**g/cm³**

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	**2.603**	**g/cm³**
	25.532	**kN/m³**

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	314
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

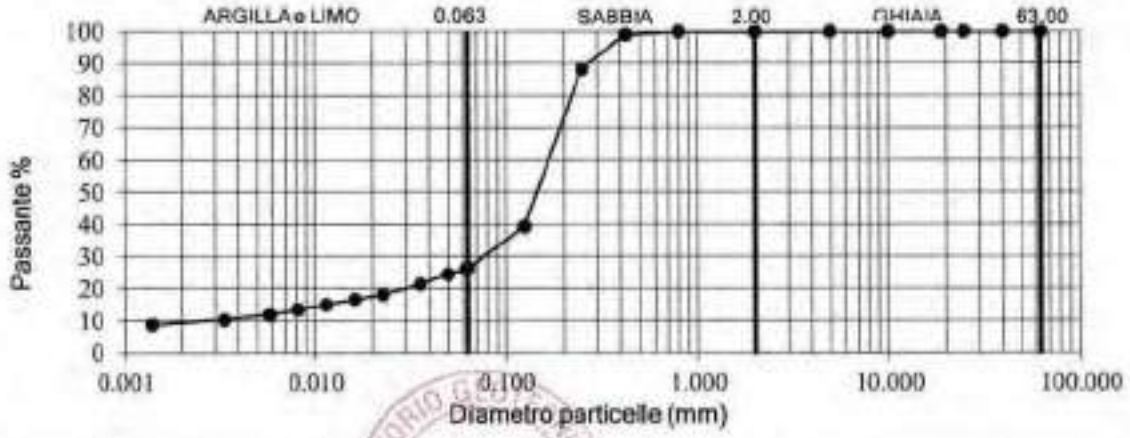
ANALISI GRANULOMETRICA e AEROMETRIA
Norma di riferimento UNI EN 933/1 - AGI 1994

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **PZ4 CR6** **mt. 25.0-26.0**
Data inizio prova : **05/02/2024** **Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024**

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100
40	100.0
25	100.0
19	100.0
10	100.0
5	100.0
2	100.0
0.8	99.9
0.425	99.0
0.25	88.3
0.125	39.3
0.063	26.5
0.0620	26.15
0.0500	24.57
0.0357	21.41
0.0228	18.26
0.0162	16.68
0.0115	15.11
0.0082	13.53
0.0058	11.95
0.0034	10.38
0.0014	8.80

Classificazione norma AGI	
Ghiaia (> 2.0 mm) :	**0%**
Sabbia (2.0 - 0.063 mm) :	**74%**
Limo (0.063 - 0.002 mm) :	**16%**
Argilla (< 0.002 mm) :	**10%**

Umidità campione W%	19.17



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	315
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR6 mt. 25.0-26.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**99.02**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**26.50**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A2-4**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **PZ4 CR6 mt. 25.0-26.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A2-4**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CR1** Profondità: **1.0-1.5** **mt**
Data apertura: **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa color nocciola				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa) — Limiti di Atterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	317
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gusido di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR1 mt. 1.0-1.5**

Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	**Massa del picnometro+acqua+ terra**	**1838.660**	**g**
T =	**Temperatura dell'acqua**	**16.0**	**°C**
Ma =	**Massa del Picnometro + acqua**	**1733.150**	**g**
Mt =	**Massa della terra secca**	**170.690**	**g**
ρa =	**Densità acqua distillata e disaerata**	**0.99897**	**g/cm³**

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	**2.616**	**g/cm³**
	25.656	**kN/m³**

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	318
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

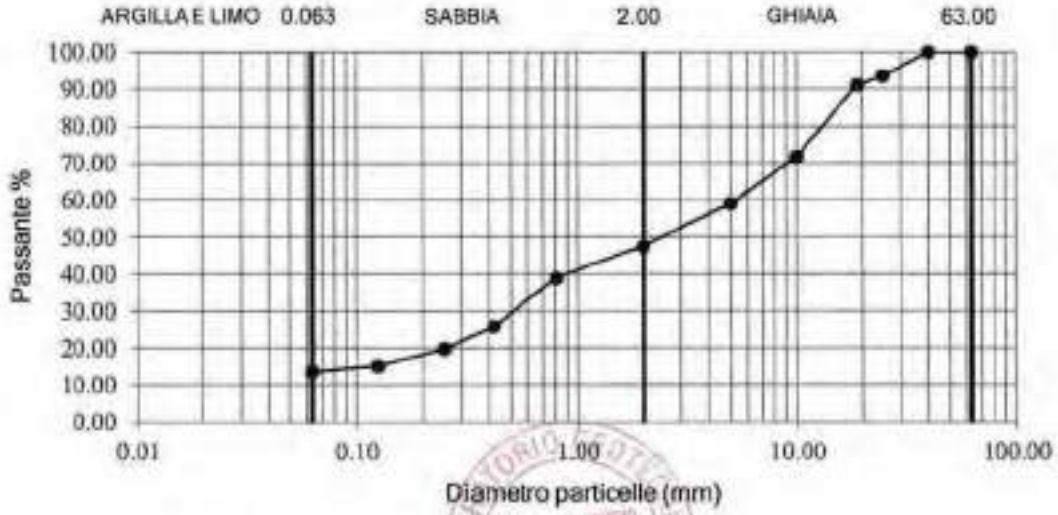
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CR1** **mt. 1.0-1.5**
Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	93.58
19	91.14
10	71.60
5	58.99
2	47.50
0.800	38.95
0.420	25.79
0.250	19.73
0.1250	15.07
0.0630	13.51

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	53%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	33%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	14%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	11.39



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	319
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR1 mt. 1.0-1.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**47.50**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**25.79**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**13.51**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR1 mt. 1.0-1.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**GM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CR2** Profondità: **4.0-5.0** **mt**
Data apertura: **01/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia medio grossa in matrice sabbiosa color marrone				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)
Vane test V.T (kPa)
Peso di volume Y
Contenuto d'acqua W
Aerometria/Granulometria A/G
Limiti di Atterberg LA
Prova edometrica Ed
Prova di taglio PT
Compressione E.L.L C
Triassiale T.R
Permeabilità k
Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	321
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR2 mt. 4.0-5.0**

Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	**Massa del picnometro+acqua+ terra**	**1911.480**	**g**
T =	**Temperatura dell'acqua**	**16.0**	**°C**
Ma =	**Massa del Picnometro + acqua**	**1733.150**	**g**
Mt =	**Massa della terra secca**	**288.940**	**g**
ρa =	**Densità acqua distillata e disaerata**	**0.99897**	**g/cm^3**

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	**2.610**	**g/cm^3**
	25.592	**kN/m^3**

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	322
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

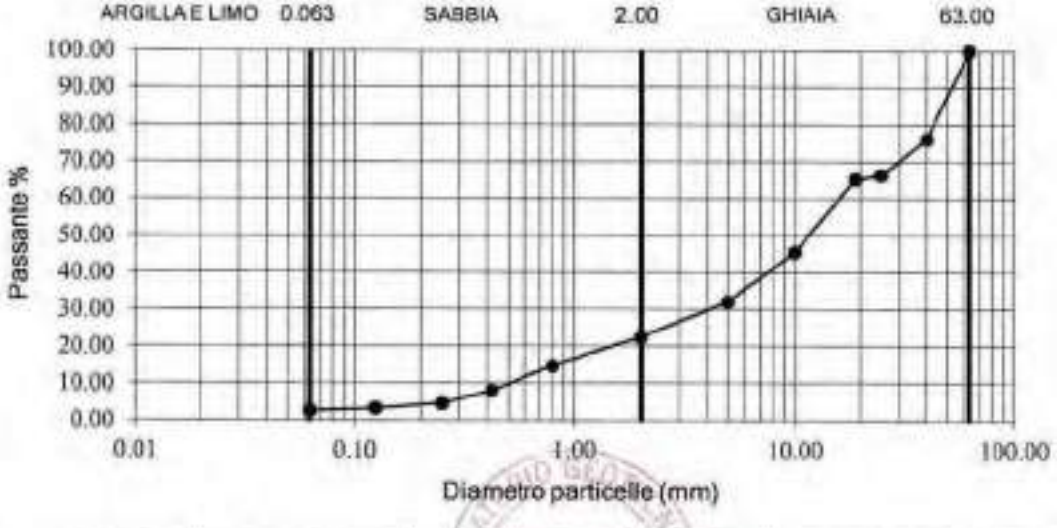
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CR2** **mt. 4.0-5.0**
Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	76.00
25	66.36
19	65.25
10	45.40
5	32.04
2	22.41
0.800	14.69
0.420	7.89
0.250	4.57
0.1250	3.17
0.0630	2.57

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	78%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	19%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	3%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	4.69



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	323
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR2 mt. 4.0-5.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**22.41**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**7.89**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**2.57**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR2 mt. 4.0-5.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**GP**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CR3** Profondità: **6.0-6.5** **mt**
Data apertura: **31/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia fine in matrice sabbiosa color nocciola				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa) — Aerometria/Granulometria A/G — Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa) — Limiti di Atterberg LA — Triassiale T.R
Peso di volume Y — Prova edometrica Ed — Permeabilità k
Contenuto d'acqua W — Prova di taglio PT — Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	325
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815591 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR3 mt. 6.0-6.5**

Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	1848.650	g
T =	Temperatura dell'acqua	16.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1733.150	g
Mt =	Massa della terra secca	187.900	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99897	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.593	g/cm^3
	25.426	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	326
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA -UNI EN ISO 9001-

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

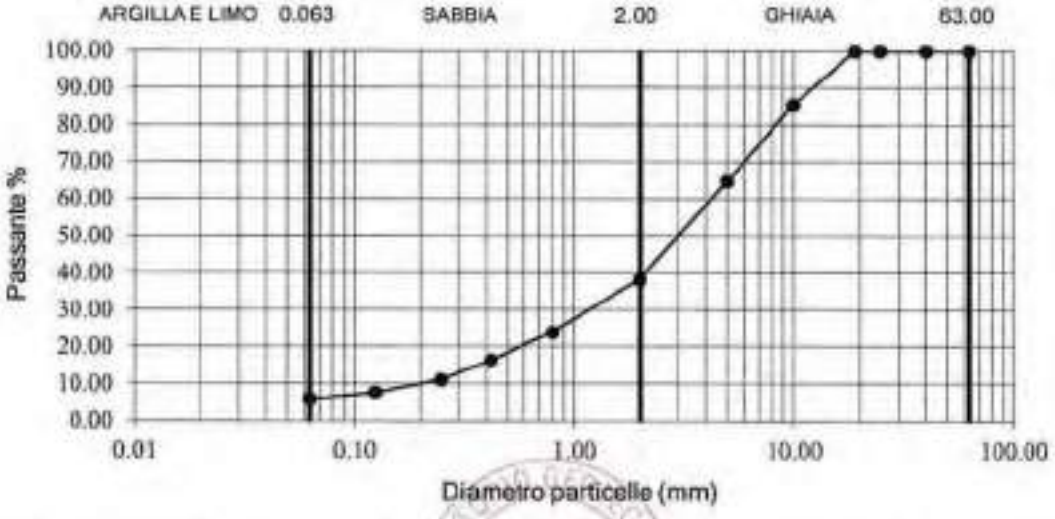
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CR3** **mt. 6.0-6.5**
Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	100.00
19	100.00
10	85.47
5	64.74
2	38.10
0.800	23.84
0.420	16.22
0.250	11.09
0.1250	7.56
0.0630	5.76

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	62%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	32%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	6%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	8.89



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	327
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR3 mt. 6.0-6.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**38.10**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**16.22**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**5.76**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR3 mt. 6.0-6.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-a**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**GM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CR4** Profondità: **11.0-12.0** **mt**
Data apertura: **31/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Sabbia debolmente limosa color nocciola con ghiaia fine				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa)	Aerometria/Granulometria **A/G**	Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa)	Limiti di Atterberg **LA**	Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y**	Prova edometrica **Ed**	Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W**	Prova di taglio **PT**	Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	329
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR4 mt. 11.0-12.0**

Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	1829.340	g
T =	Temperatura dell'acqua	16.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1733.150	g
Mt =	Massa della terra secca	153.880	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99897	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.665	g/cm^3
	26.132	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	330
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
Norma UNI EN 933 -1-2

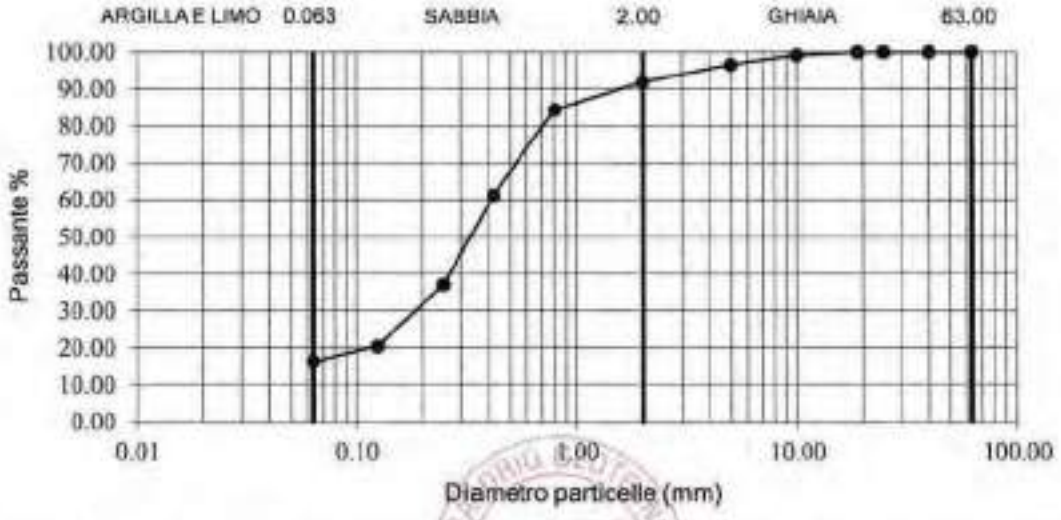
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CR4** **mt. 11.0-12.0**
Data inizio prova : **05/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	100.00
19	100.00
10	99.11
5	96.62
2	91.85
0.800	84.43
0.420	61.20
0.250	37.08
0.1250	20.47
0.0630	16.32

Classificazione secondo norma AGI		
Ghiaia	(> 2.0 mm) :	8%
Sabbia	(2.0 - 0.063 mm) :	76%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	16%
Argilla	(< 0.002 mm) :	-

Umidità naturale W%	16.59



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n	331
1 di 1	Dr.Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR4 mt. 11.0-12.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**91.85**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**61.20**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**16.32**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A2-4**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR4 mt. 11.0-12.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A2-4**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CR5** Profondità: **12.6-13.3** **mt**
Data apertura: **31/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A	LA	Ed	PT	G.S	T.R
A	Limo argilloso color grigio				*	*	*			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione E.L.L **C**
Vane test **V.T** (kPa) — Limiti di Atterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	333
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina A.	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815661 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR5 mt. 12.6-13.3**

Data inizio prova : **06/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	**Massa del picnometro+acqua+ terra**	**148.150**	**g**
T =	**Temperatura dell'acqua**	**15.0**	**°C**
Ma =	**Massa del Picnometro + acqua**	**142.530**	**g**
Mt =	**Massa della terra secca**	**9.100**	**g**
ρa =	**Densità acqua distillata e disaerata**	**0.99913**	**g/cm^3**

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)^ya	**2.613**	**g/cm^3**
	25.622	**kN/m^3**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Guisido di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
Norma di riferimento ASTM D 422 - AGI 1994

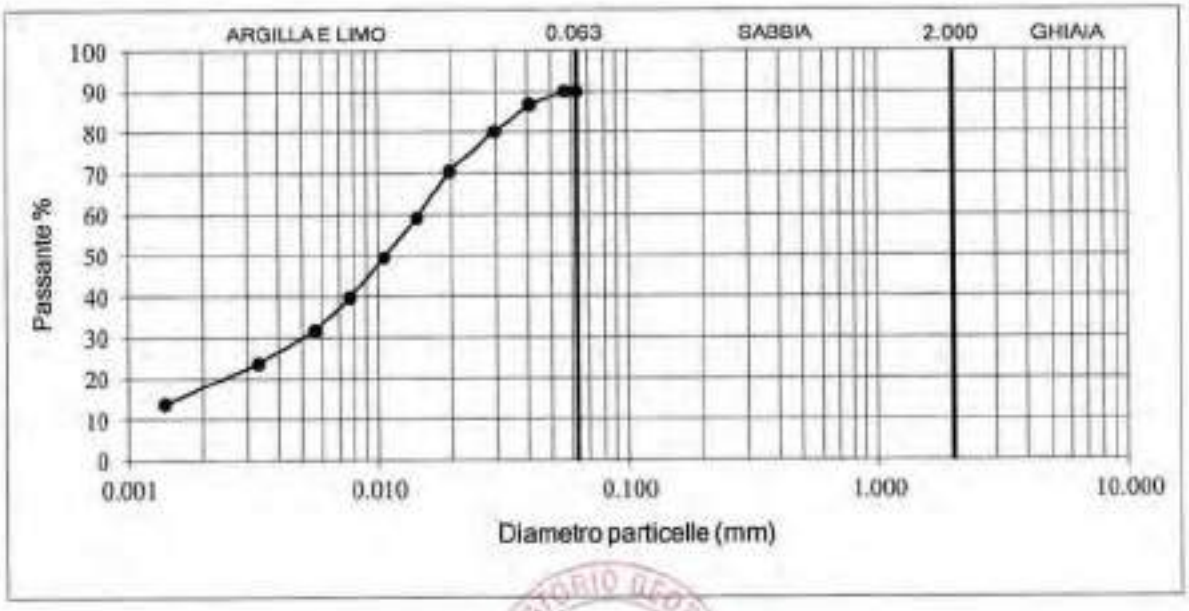
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CR5** **mt.** **12.6-13.3**
Data prova : **06/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	90.00
0.0567	89.98
0.0407	86.73
0.0297	80.24
0.0195	70.52
0.0144	59.19
0.0106	49.47
0.0077	39.76
0.0056	31.67
0.0033	23.59
0.0014	13.89

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	(2 - 0.063mm) :	10%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	72%
Argilla	(< 0.002mm) :	18%

Trattenuto allo 0.063 mm :	10%

Umidità naturale W%	31.18



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 335
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione: 07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG
Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CR5 mt. 12.6-13.3**
Data prova : **05/02/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	26	16	9		
Massa terreno umido + tara (g)	35.34	32.34	29.22	18.82	469.18
Massa terreno secco + tara (g)	29.68	27.51	24.98	16.95	359.54
Massa acqua contenuta (g)	5.66	4.83	4.24	1.87	109.64
Massa tara (g)	13.24	13.81	13.52	9.60	7.93
Massa terreno secco (g)	16.44	13.70	11.5	7.35	351.61
Contenuto d'acqua %	34.4	35.3	37.0	25.4	31.2

Limite liquido %	**34**
Limite Plastico %	**25**
Umidita' naturale %	**31.2**
Indice Plastico %	**9**
Indice di consistenza	**0.36**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

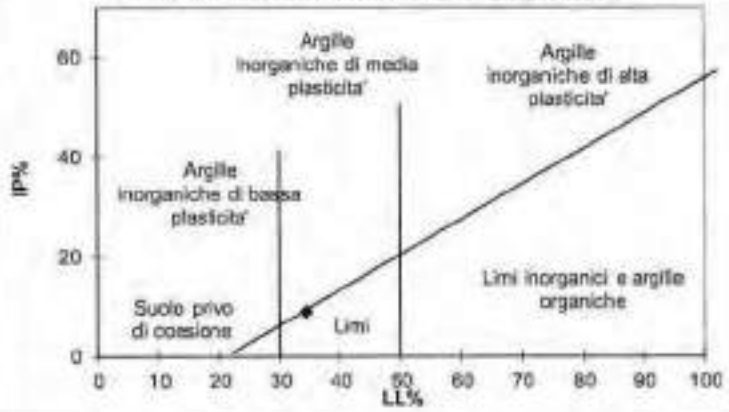


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	336
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	07/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR5 mt. 12.6-13.3**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**90.00**
Limite liquido (%) :	**34**
Indice di plasticità (%) :	**9**
Indice di gruppo :	**8.00**
Gruppo :	**A4**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR5 mt. 12.6-13.3**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A4**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**ML**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	337
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CR6** Profondità: **18.5-19.5** **mt**
Data apertura: **31/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A+G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa color nocciola				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione E.L.L **C**
Vane test V.T (kPa) — Limiti di Atterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	338
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO - DR. MUCCHI A.

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR6 mt. 18.5-19.5**

Data inizio prova : **06/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	2034.280	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	1732.110	g
Mt =	Massa della terra secca	487.020	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.632	g/cm^3
	25.816	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	339
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/615681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

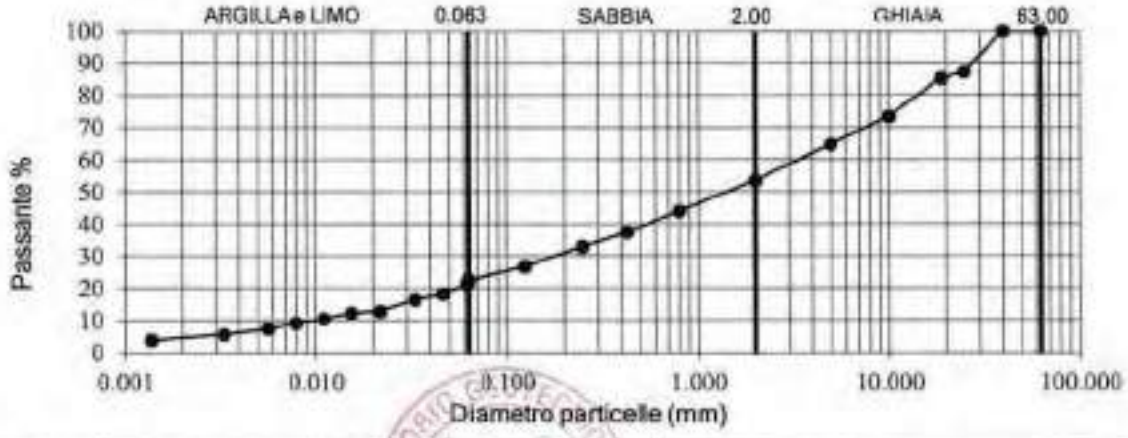
ANALISI GRANULOMETRICA e AEROMETRIA
Norma di riferimento UNI EN 933/1 - AGI 1994

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CR6** **mt. 18.5-19.5**
Data inizio prova : **05/02/2024** **Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024**

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100
40	100.0
25	87.3
19	85.3
10	73.4
5	64.8
2	53.5
0.8	44.1
0.425	37.4
0.25	33.0
0.125	26.7
0.063	22.5
0.0620	21.20
0.0462	18.22
0.0333	16.43
0.0217	12.86
0.0154	12.26
0.0111	10.47
0.0079	9.28
0.0057	7.49
0.0033	5.71
0.0014	3.92

Classificazione norma AGI	
Ghiaia (> 2.0 mm) :	**47%**
Sabbia (2.0 - 0.063 mm) :	**31%**
Limo (0.063 - 0.002 mm) :	**18%**
Argilla (< 0.002 mm) :	**4%**

Umidità campione W%	7.35



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	340
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: SW7 CR6 mt. 18.5-19.5

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**53.50**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**37.44**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**22.54**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A1-b**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR6 mt. 18.5-19.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A1-b**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**GM**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CI1** Profondità: **21.0-21.5** **mt**
Data apertura: **22/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: [Fustella] Sacchetto Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

ALTO [A] BASSO
0 50 cm

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A	LA	Ed	PT	G.S	T.R
A	Limo argilloso compatto color nocciola	220	90	*	*	*	*	*		*	*(CID)

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa) — Aerometria/Granulometria **A/G** — Compressione **E.L.L C**
Vane test **V.T** (kPa) — Limiti di Atterberg **LA** — Triassiale **T.R**
Peso di volume **Y** — Prova edometrica **Ed** — Permeabilità **k**
Contenuto d'acqua **W** — Prova di taglio **PT** — Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	342
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione : **SW7 CI1** **mt.** **21.0-21.5**

Data prova : **22/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	273.07
Massa terreno secco + Tara	(g)	210.00
Massa Tara	(g)	7.81
Contenuto d'acqua - W	(%)	31.19

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm^3)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	233.38
Massa tara	(g)	73.86
Peso unità di volume - γ	(g/cm^3)	1.837
	(kN/m^3)	18.017
Peso secco unità di volume - γd	(g/cm^3)	1.400
	(kN/m^3)	13.733

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	343
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Veghiara 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CI1 mt. 21.0-21.5**

Data inizio prova : **06/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	149.850	g
T =	Temperatura dell'acqua	15.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	144.500	g
Mt =	Massa della terra secca	8.680	g
ρa =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99913	g/cm^3

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	2.604	g/cm^3
	25.541	kN/m^3

Pagina	Lo sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	344
1 di 1	Dr. Malaguti Davide	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815881 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
Norma di riferimento ASTM D 422 - AGI 1994

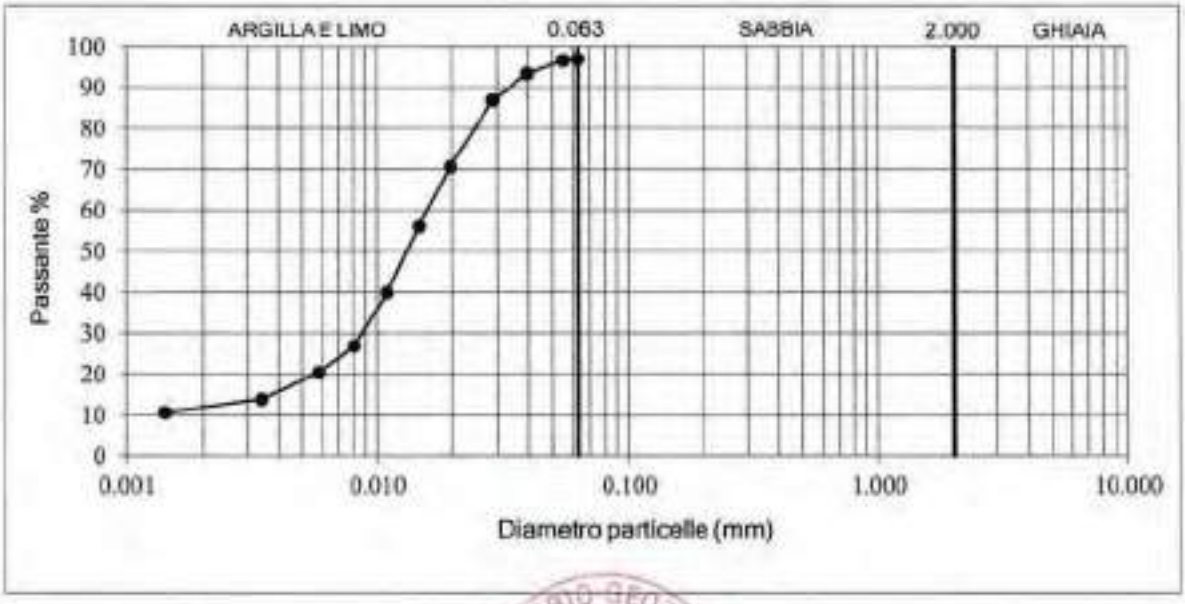
Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CI1** **mt.** **21.0-21.5**
Data prova : **30/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	97.00
0.0550	96.64
0.0396	93.38
0.0289	86.88
0.0196	70.66
0.0147	56.07
0.0110	39.85
0.0081	26.89
0.0058	20.40
0.0034	13.92
0.0014	10.68

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	(2 - 0.063mm) :	3%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	85%
Argilla	(< 0.002mm) :	12%

Trattenuto allo 0.063 mm :	3%

Umidità naturale W%	31.19



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 345
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione: 07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

LIMITI DI ATTERBERG
Norma di riferimento Norma ASTM D4318

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CI1 mt. 21.0-21.5**
Data prova : **29/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	34	20	13		
Massa terreno umido + tara (g)	55.60	48.79	47.12	22.56	273.07
Massa terreno secco + tara (g)	42.65	37.40	35.85	20.10	210.00
Massa acqua contenuta (g)	12.95	11.39	11.27	2.46	63.07
Massa tara (g)	13.93	13.83	13.71	9.97	7.81
Massa terreno secco (g)	28.72	23.57	22.1	10.13	202.19
Contenuto d'acqua %	45.1	48.3	50.9	24.3	31.2

Limite liquido %	**47**
Limite Plastico %	**24**
Umidita' naturale %	**31.2**
Indice Plastico %	**23**
Indice di consistenza	**0.70**

*Effettuati sul passante al 0.42 mm

CARTA DI PLASTICITA' (A. Casagrande)

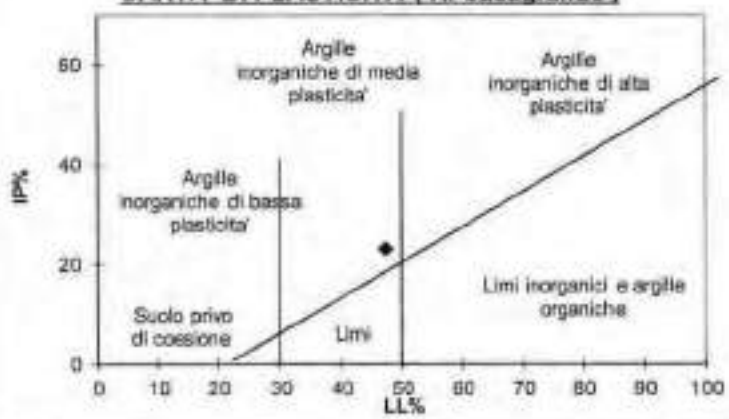


GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	346
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione :	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CI1 mt. 21.0-21.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**97.00**
Limite liquido (%) :	**47**
Indice di plasticità (%) :	**23**
Indice di gruppo :	**14.60**
Gruppo :	**A7-6**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	347
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CI1 mt. 21.0-21.5**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A7-6**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**CL**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

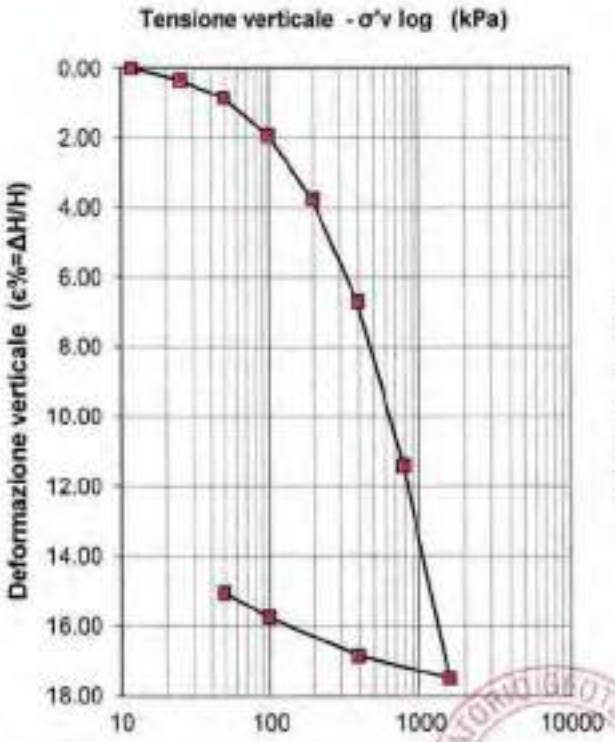
Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da IQNA =UNI EN ISO 9001=

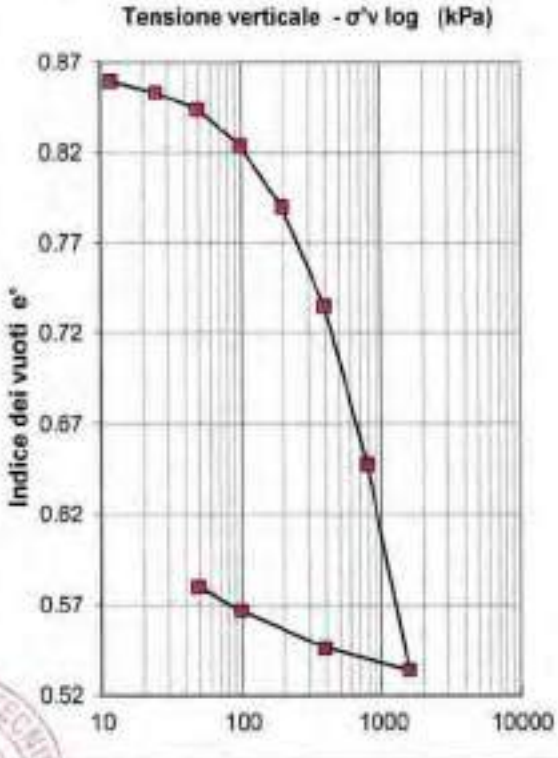
PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente :	**S.G.M Geologia e Ambiente Srl**		
Cantiere :	**Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**	Sondaggio:	**SW7**
Data inizio prova :	**22/01/2024**	Campione:	**CI1**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024		Prof.(m):	**21.0-21.5**

σ'v (kPa) tensione verticale	ΔH (mm) cedimento	ε % def. verticale	e° indice vuoti	Mo (kPa) modulo edometrico
11.768	0.00	0.00	0.86	
24.518	0.07	0.35	0.85	3642.60
49.035	0.17	0.85	0.84	4903.50
98.070	0.39	1.93	0.82	4561.40
196.140	0.75	3.75	0.79	5373.70
392.280	1.34	6.70	0.73	6648.81
784.560	2.28	11.40	0.65	8346.38
1569.120	3.50	17.50	0.53	12861.64
392.280	3.37	16.85	0.55	
98.070	3.15	15.75	0.57	
49.035	3.01	15.05	0.58	

Natura del campione :	limo argilloso
Peso dell'unità di volume: (kN/m³)	18.01
Peso di volume terreno secco : (kN/m³)	13.73
Contenuto d'acqua naturale : (%)	31.19
Peso specifico dei granuli : (kN/m³)	25.54
Indice dei vuoti inizio prova : (e°)	0.86





Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	348
1 di 7	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **22/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

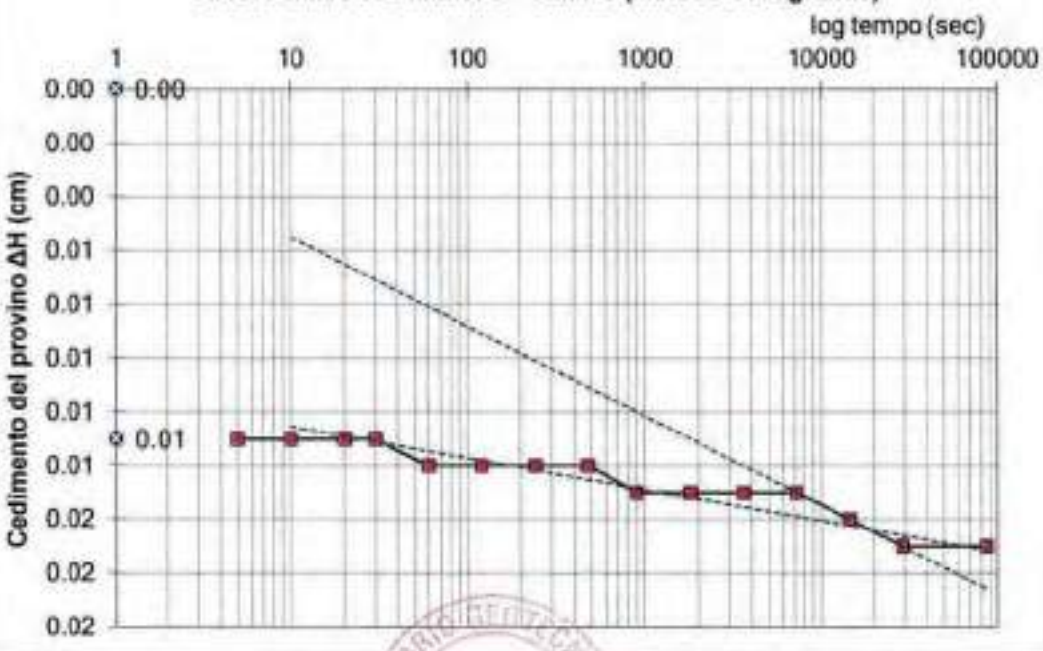
Sondaggio: **SW7**
Campione: **CI1**
Prof(m): **21.0-21.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) 49.035
Cv (cmq/sec):
C alfa
t50 (sec)
Permeabilità (cm/sec)

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.013
5	0.013
10	0.013
20	0.013
30	0.013
60	0.013
120	0.014
240	0.014
480	0.014
900	0.014
1800	0.015
3600	0.015
7200	0.015
14400	0.015
28800	0.016
86400	0.017

DIAGRAMMA CEDIMENTO - TEMPO (Metodo Casagrande)



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

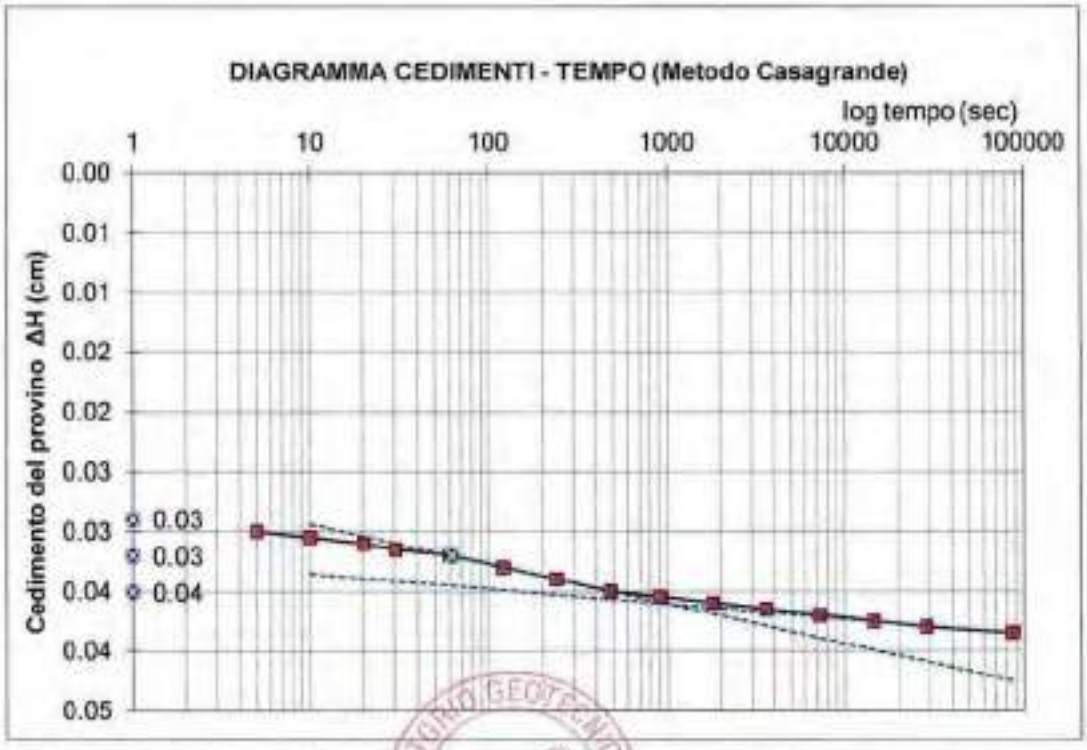
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **22/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW7**
Campione: **CI1**
Prof(m): **21.0-21.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) 98.07
Cv (cmq/sec): 3.18E-03
C alfa 6.32E-06
t50 (sec) 62
Permeabilità (cm/sec) 6.83E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.029
5	0.030
10	0.031
20	0.031
30	0.032
60	0.032
120	0.033
240	0.034
480	0.035
900	0.036
1800	0.036
3600	0.037
7200	0.037
14400	0.038
28800	0.038
86400	0.039



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

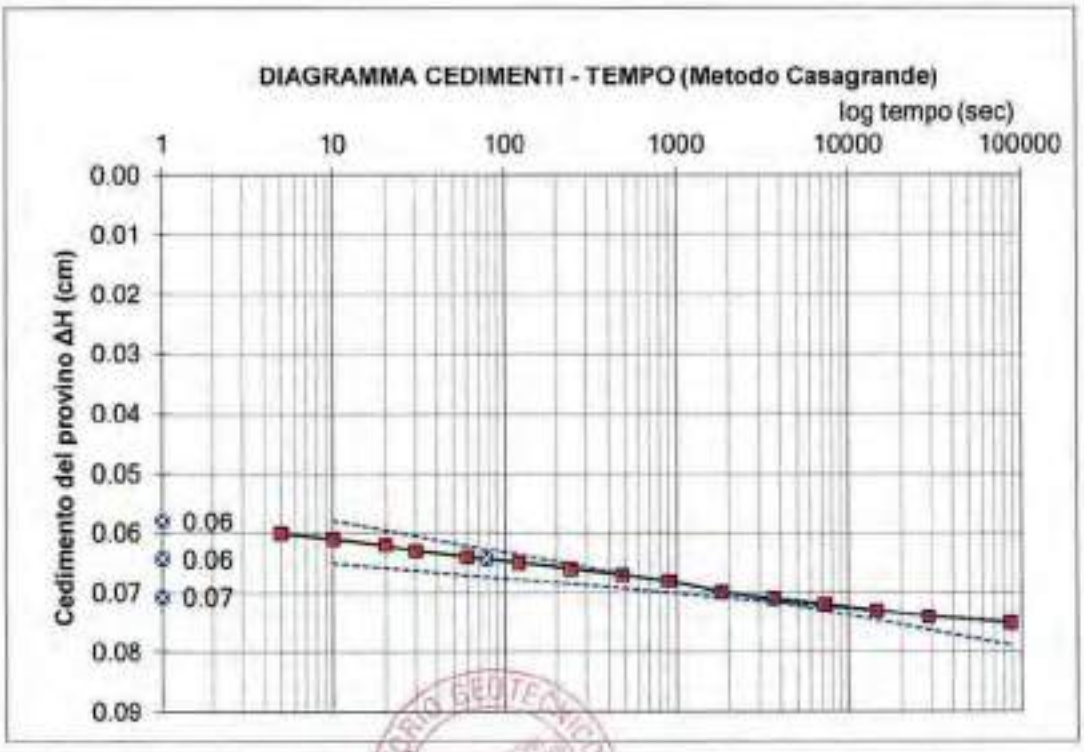
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **22/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW7**
Campione: **CI1**
Prof(m): **21.0-21.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	196.14
Cv (cmq/sec):	2.53E-03
C alfa	1.26E-05
t50 (sec)	78
Permeabilità (cm/sec)	4.624E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.048
5	0.060
10	0.061
20	0.062
30	0.063
60	0.064
120	0.065
240	0.066
480	0.067
900	0.068
1800	0.070
3600	0.071
7200	0.072
14400	0.073
28800	0.074
86400	0.075



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

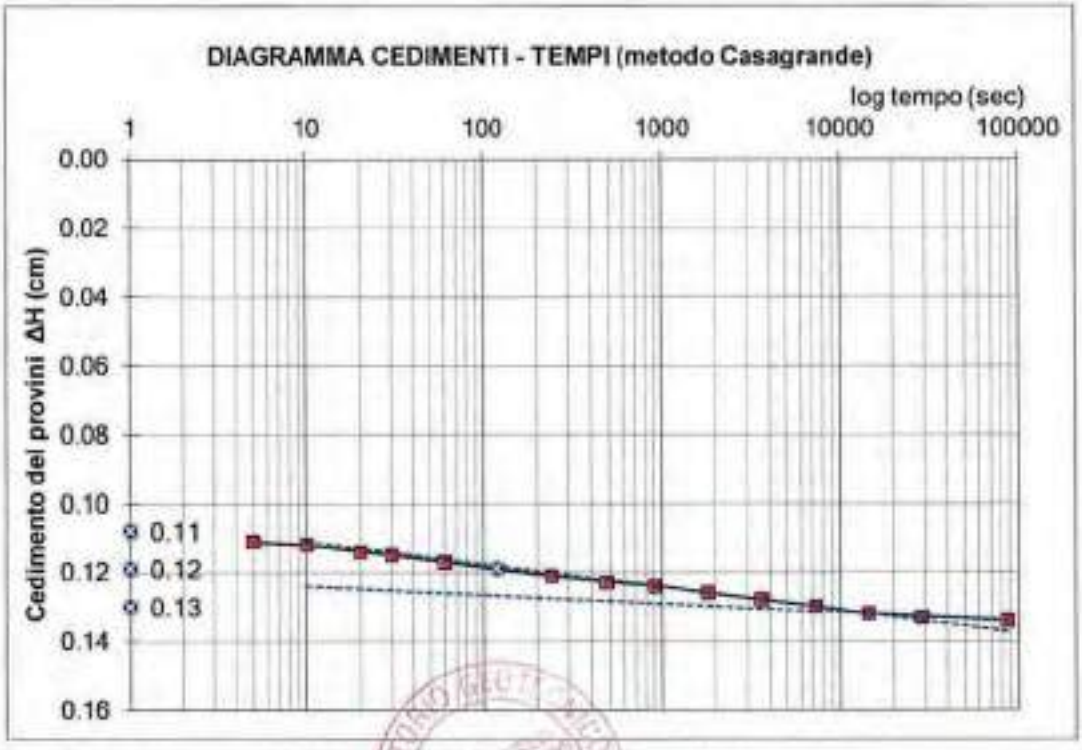
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **22/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW7**
Campione: **CI1**
Prof(m): **21.0-21.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	392.28
Cv (cmq/sec):	1.64E-03
C alfa	1.26E-05
t50 (sec)	120
Permeabilità (cm/sec)	2.416E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.099
5	0.111
10	0.112
20	0.114
30	0.115
60	0.117
120	0.119
240	0.121
480	0.123
900	0.124
1800	0.126
3600	0.128
7200	0.130
14400	0.132
28800	0.133
86400	0.134



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	348
5 di 7	Dr. Malaguti D.	Ing. Nuptli Valentina	Data emissione:	07/02/2024

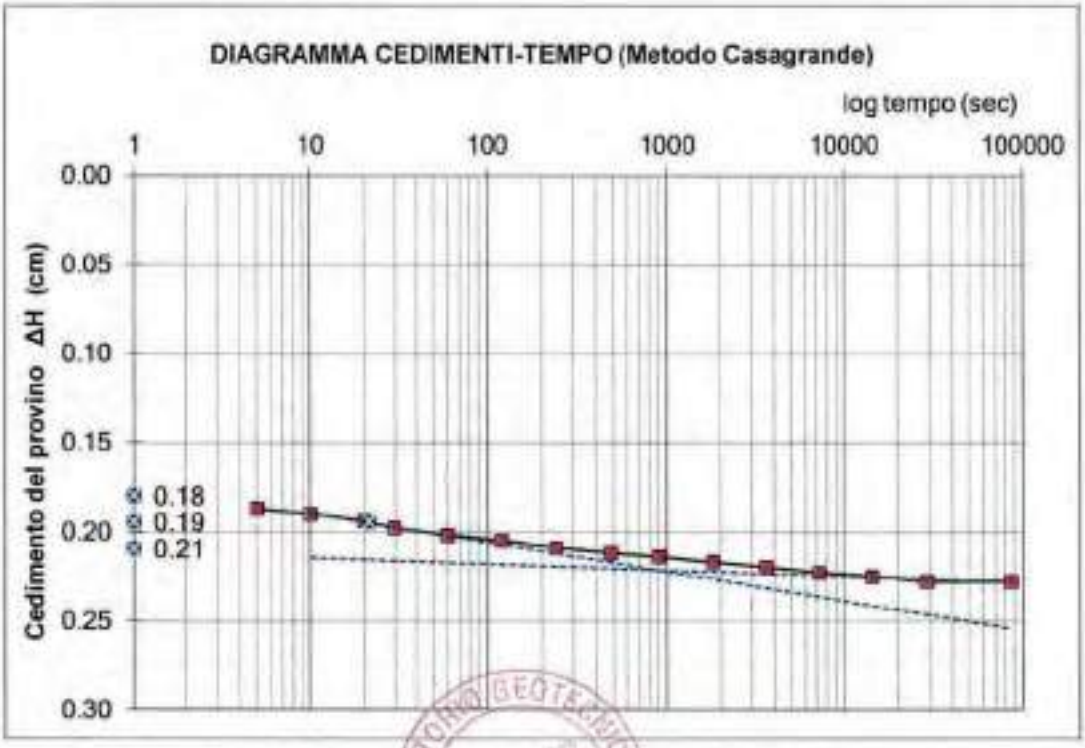
PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente:	**S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere:	**Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova:	**22/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024	
Sondaggio:	**SW7**
Campione:	**CI1**
Prof(m):	**21.0-21.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	784.56
Cv (cmq/sec):	9.14E-03
C alfa	1.75E-05
t50 (sec)	21
Permeabilità (cm/sec)	1.075E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.158
5	0.187
10	0.190
20	0.194
30	0.198
60	0.202
120	0.205
240	0.209
480	0.212
900	0.214
1800	0.217
3600	0.220
7200	0.223
14400	0.225
28800	0.228
86400	0.228



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

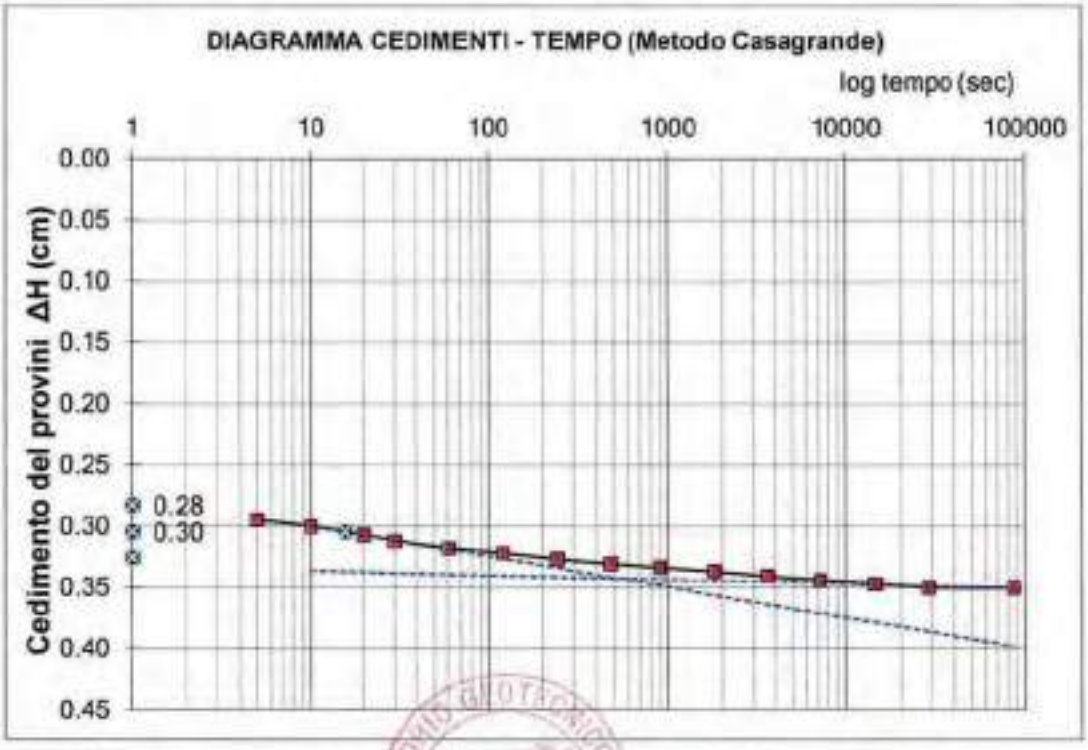
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Data inizio prova: **22/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Sondaggio: **SW7**
Campione: **CI1**
Prof(m): **21.0-21.5**

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) :	1569.12
Cv (cmq/sec):	1.25E-02
C alfa	1.75E-05
t50 (sec)	16
Permeabilità (cm/sec)	9.523E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.276
5	0.295
10	0.300
20	0.307
30	0.312
60	0.318
120	0.322
240	0.327
480	0.331
900	0.334
1800	0.337
3600	0.341
7200	0.344
14400	0.347
28800	0.350
86400	0.350



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815881 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

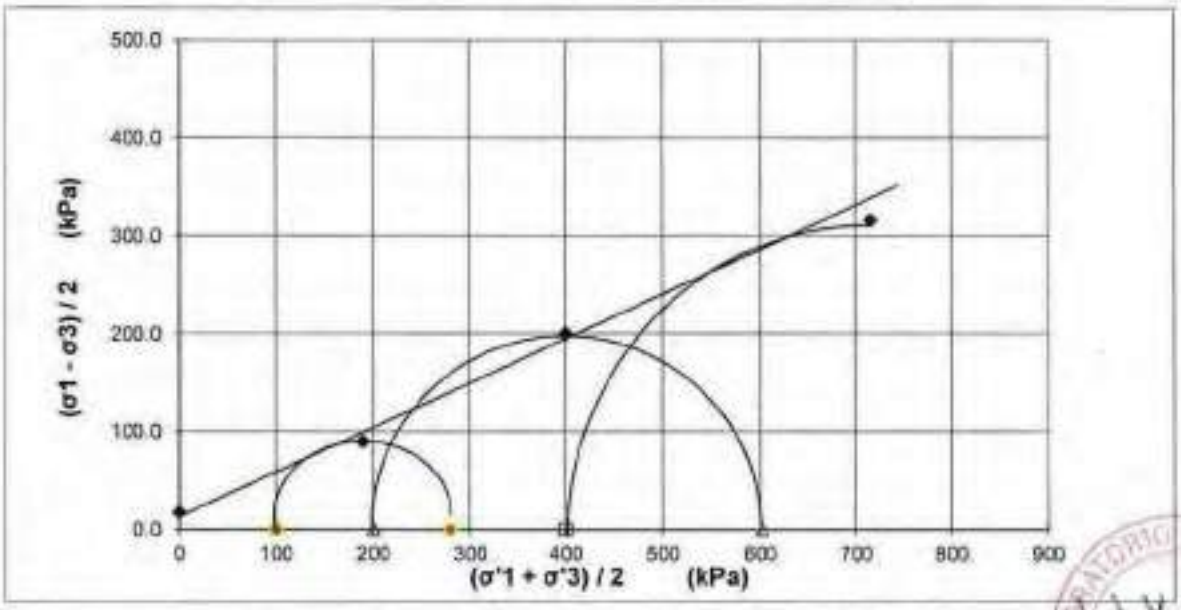
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CI1** **mt. 21.0-21.5**
Data inizio prova: **25/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Natura del Campione : **limo argilloso nocciola compatto**

COESIONE DRENATA (kPa) : **19.02**
ANGOLO D'ATTRITO (° sess) : **25**

CONDIZIONI A ROTTURA			
Provino n°	(σ'1 + σ'3) / 2 (kPa)	(σ1 - σ3) / 2 (kPa)	Pres. Cons. (kPa)
1	189.90	89.90	100
2	400.65	200.65	200
3	715.92	315.92	400



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime deviatoriche determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

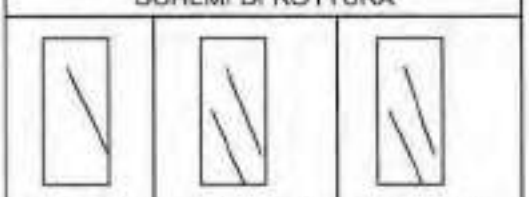
Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CI1** **mt. 21.0-21.5**
Data inizio prova: **25/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Natura del Campione : **limo argilloso nocciola compatto**

Provino n° :	1	2	3
Altezza del provino (cm)	7.62	7.62	7.62
Diametro provino (cm)	3.81	3.81	3.81
Sezione del provino (cm^2)	11.4	11.4	11.4
Volume del provino inizio consolidazione (cm^2)	86.83	86.83	86.83
Volume del provino fine consolidazione (cm^3)	83.21	81.89	79.21
Peso specifico dei granuli (kN/m^3)	25.54	25.54	25.54
Peso dell'unità di volume (kN/m^3)	17.909	17.894	18.016
Peso dell'unità di volume del terreno secco (kN/m^3)	13.652	13.636	13.728
Contenuto d'acqua(W%)	31.19	31.23	31.24
Pressione in cella (kPa)	200	300	500
Contropressione (Back Pressure) (kPa)	100	100	100
Parametro di Skempton (B)	0.9	0.89	0.89
Velocità di deformazione (mm/min)	0.009	0.009	0.009

SCHEMI DI ROTTURA

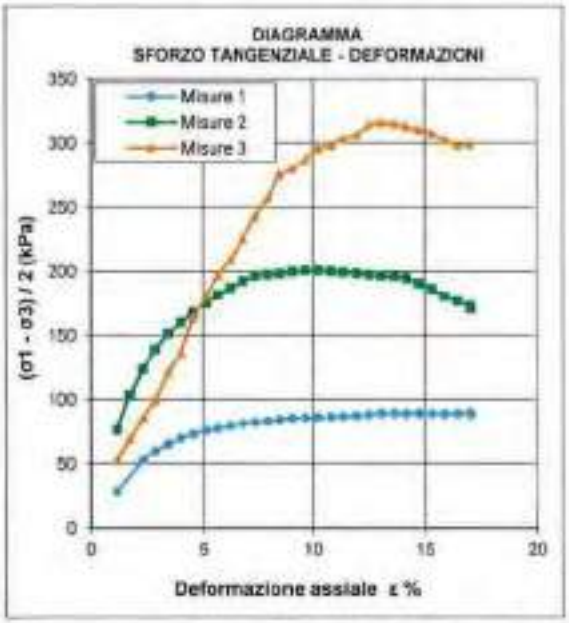


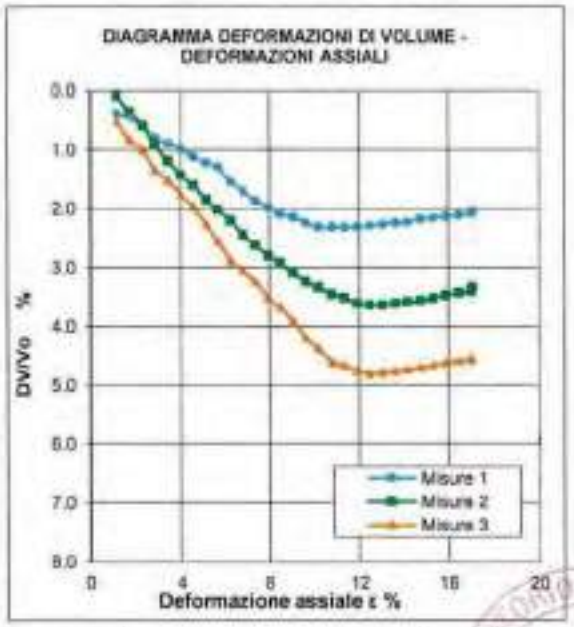
provino n° 1 | provino n° 2 | provino n° 3

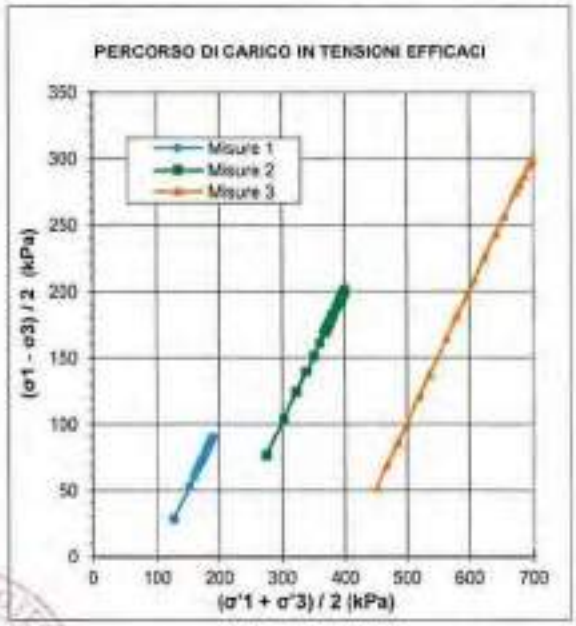
PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CI1** **mt. 21.0-21.5**
Data inizio prova: **25/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024







LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815581 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.

Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CI1** **mt. 21.0-21.5**
Data inizio prova: **25/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m²	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00115	1.13	56.63	0.386	28.32	128.32	100
0.00116	2.27	106.54	0.584	53.27	153.27	100
0.00116	2.83	120.01	0.797	60.01	160.01	100
0.00117	3.40	131.33	0.893	65.66	165.66	100
0.00117	3.97	140.04	0.990	70.02	170.02	100
0.00118	4.54	146.24	1.120	73.12	173.12	100
0.00118	5.10	151.72	1.227	75.86	175.86	100
0.00119	5.67	155.23	1.294	77.62	177.62	100
0.00119	6.24	159.04	1.550	79.52	179.52	100
0.00120	6.80	162.63	1.710	81.32	181.32	100
0.00120	7.37	164.99	1.869	82.49	182.49	100
0.00121	7.94	166.62	1.985	83.31	183.31	100
0.00122	8.50	168.82	2.101	84.41	184.41	100
0.00122	9.07	171.45	2.149	85.73	185.73	100
0.00123	9.64	172.36	2.246	86.18	186.18	100
0.00124	10.20	172.60	2.318	86.30	186.30	100
0.00124	10.77	173.28	2.318	86.64	186.64	100
0.00125	11.34	173.93	2.318	86.96	186.96	100
0.00126	11.91	175.14	2.318	87.57	187.57	100
0.00127	12.47	176.26	2.294	88.13	188.13	100
0.00128	13.04	178.51	2.270	89.25	189.25	100
0.00129	13.61	178.43	2.246	89.21	189.21	100
0.00129	14.17	178.36	2.231	89.18	189.18	100
0.00130	14.74	178.20	2.183	89.10	189.10	100
0.00131	15.31	178.09	2.163	89.04	189.04	100
0.00132	15.87	177.94	2.134	88.97	188.97	100
0.00133	16.44	178.34	2.115	89.17	189.17	100
0.00134	17.01	179.80	2.086	89.90	189.90	100
0.00134	17.06	177.38	2.067	88.69	188.69	100
0.00134	17.07	176.20	2.038	88.50	188.50	100
					Provino n°1	

LEGENDA

ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.

Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CI1** **mt. 21.0-21.5**
Data inizio prova: **25/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m^2	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00115	1.13	152.82	0.088	76.41	276.41	200
0.00115	1.70	208.07	0.357	104.03	304.03	200
0.00116	2.27	247.80	0.596	123.90	323.90	200
0.00116	2.83	278.14	0.924	139.07	339.07	200
0.00116	3.40	302.48	1.193	151.24	351.24	200
0.00117	3.97	320.95	1.432	160.47	360.47	200
0.00117	4.54	336.56	1.613	168.28	368.28	200
0.00118	5.10	351.03	1.853	175.52	375.52	200
0.00118	5.67	363.27	2.029	181.63	381.63	200
0.00118	6.24	374.19	2.209	187.09	387.09	200
0.00119	6.80	384.04	2.449	192.02	392.02	200
0.00119	7.37	392.91	2.625	196.45	396.45	200
0.00120	7.94	394.48	2.806	197.24	397.24	200
0.00120	8.50	395.85	2.923	197.93	397.93	200
0.00121	9.07	399.52	3.104	199.76	399.76	200
0.00121	9.64	401.04	3.251	200.52	400.52	200
0.00122	10.20	401.30	3.344	200.65	400.65	200
0.00123	10.77	399.72	3.461	199.86	399.86	200
0.00123	11.34	398.47	3.519	199.23	399.23	200
0.00124	11.91	396.38	3.617	198.19	398.19	200
0.00125	12.47	393.95	3.642	196.97	396.97	200
0.00126	13.04	392.75	3.642	196.38	396.38	200
0.00126	13.61	391.63	3.617	195.82	395.82	200
0.00127	14.17	388.95	3.593	194.47	394.47	200
0.00128	14.74	380.91	3.568	190.45	390.45	200
0.00129	15.31	372.94	3.524	186.47	386.47	200
0.00130	15.87	360.80	3.475	180.40	380.40	200
0.00131	16.44	353.47	3.432	176.73	376.73	200
0.00132	17.01	346.15	3.412	173.08	373.08	200
0.00132	17.06	342.09	3.344	171.05	371.05	200

Provino n°2

LEGENDA

ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.D.

Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione : **SW7 CI1** **mt. 21.0-21.5**
Data inizio prova: **25/01/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

A	ε	σ1- σ3	ΔV/Vo	(σ1- σ3)/2	(σ'1+ σ'3)/2	σc = σ'3
m²	%	kPa	%	(raggio) kPa	(centro) kPa	kPa
0.00115	1.13	104.40	0.528	52.20	452.20	400
0.00115	1.70	138.34	0.846	69.17	469.17	400
0.00115	2.27	171.07	1.015	85.54	485.54	400
0.00115	2.83	197.43	1.358	98.71	498.71	400
0.00116	3.40	242.01	1.528	121.00	521.00	400
0.00116	3.97	272.48	1.769	136.24	536.24	400
0.00117	4.54	327.60	1.984	163.80	563.80	400
0.00117	5.10	362.27	2.281	181.13	581.13	400
0.00117	5.67	392.10	2.568	196.05	596.05	400
0.00118	6.24	417.39	2.896	208.69	608.69	400
0.00118	6.80	450.02	3.065	225.01	625.01	400
0.00118	7.37	485.14	3.255	242.57	642.57	400
0.00119	7.94	512.69	3.522	256.34	656.34	400
0.00119	8.50	549.12	3.691	274.56	674.56	400
0.00120	9.07	559.52	3.922	279.76	679.76	400
0.00120	9.64	573.57	4.209	286.78	686.78	400
0.00121	10.20	590.33	4.388	295.16	695.16	400
0.00121	10.77	595.50	4.624	297.75	697.75	400
0.00122	11.34	605.43	4.670	302.71	702.71	400
0.00122	11.91	611.65	4.767	305.83	705.83	400
0.00123	12.47	628.26	4.819	314.13	714.13	400
0.00124	13.04	631.84	4.793	315.92	715.92	400
0.00125	13.61	629.88	4.767	314.94	714.94	400
0.00126	14.17	625.55	4.742	312.78	712.78	400
0.00126	14.74	620.37	4.706	310.19	710.19	400
0.00127	15.31	614.44	4.670	307.22	707.22	400
0.00128	15.87	603.87	4.624	301.93	701.93	400
0.00129	16.44	596.66	4.588	298.33	698.33	400
0.00130	17.01	596.87	4.573	298.43	698.43	400
0.00130	17.01	596.72	4.552	298.36	698.36	400

Provino n°3

LEGENDA

ε = deformazione assiale
A = area del provino
σ1- σ3 = pressione deviatorica
ΔV/Vo = deformazione di volume
σ'1,σ'3 = tensioni efficaci

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	349
5 di 5	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CR7** Profondità: **24.0-25.0** **mt**
Data apertura: **31/01/2024**
Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Tipo di contenitore: Fustella [Sacchetto] Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta [Buona] Eccellente

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	A+G	LA	Ed	PT	G.S	TrCD
A	Sabbia limosa color nocciola				*	*	NP			*	

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)	Aerometria/Granulometria A/G	Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa)	Limiti di Atterberg LA	Triassiale T.R
Peso di volume Y	Prova edometrica Ed	Permeabilità k
Contenuto d'acqua W	Prova di taglio PT	Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	350
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 5 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Norma di riferimento ASTM D 854 - Metodo del picnometro

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR7 mt. 24.0-25.0**

Data inizio prova : **06/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Mat =	**Massa del picnometro+acqua+ terra**	**163.020**	**g**
T =	**Temperatura dell'acqua**	**15.0**	**°C**
Ma =	**Massa del Picnometro + acqua**	**156.230**	**g**
Mt =	**Massa della terra secca**	**11.030**	**g**
ρa =	**Densità acqua distillata e disaerata**	**0.99913**	**g/cm³**

(Peso Specifico) = ρs = Mt/(Ma+Mt-Mat)*ya	**2.599**	**g/cm³**
	25.490	**kN/m³**

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

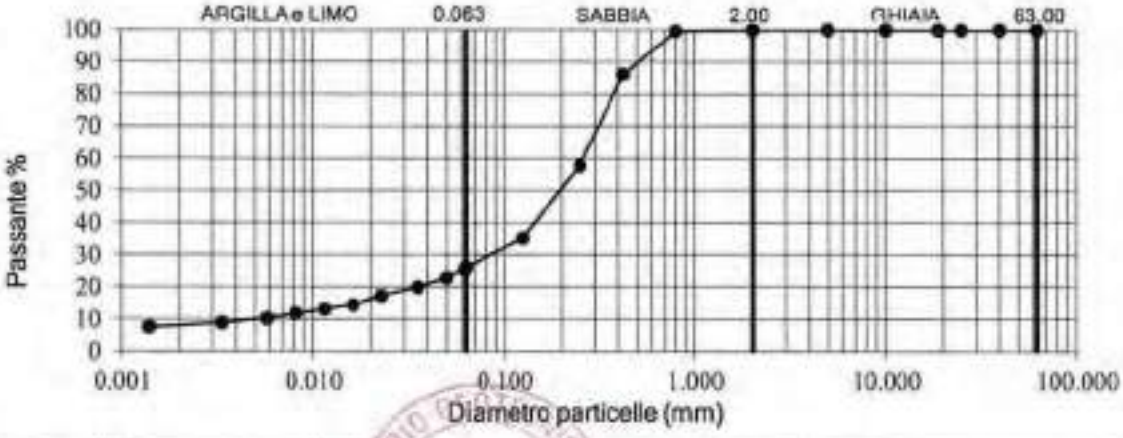
ANALISI GRANULOMETRICA e AEROMETRIA
Norma di riferimento UNI EN 933/1 - AGI 1994

Committente : **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**
Cantiere : **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**
Campione: **SW7 CR7** **mt. 24.0-25.0**
Data inizio prova : **05/02/2024** **Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024**

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100
40	100.0
25	100.0
19	100.0
10	100.0
5	100.0
2	100.0
0.8	99.6
0.425	86.2
0.25	57.8
0.125	35.1
0.063	26.2
0.0620	25.51
0.0498	22.76
0.0355	20.02
0.0227	17.27
0.0162	14.53
0.0115	13.15
0.0082	11.78
0.0058	10.41
0.0034	9.04
0.0014	7.67

Classificazione norma AGI	
Ghiaia (> 2.0 mm) :	**0%**
Sabbia (2.0 - 0.063 mm) :	**74%**
Limo (0.063 - 0.002 mm) :	**18%**
Argilla (< 0.002 mm) :	**8%**

Umidità campione W%	19.22



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	352
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	07/02/2024

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/615681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA «UNI EN ISO 9001»

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR7 mt. 24.0-25.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

Passante setaccio 2 mm (%) :	**100.00**
Passante setaccio 0.42 mm (%) :	**86.22**
Passante setaccio 0.063 mm (%) :	**26.20**
Limite liquido (%) :	**ND**
Indice di plasticità (%) :	**NP**
Indice di gruppo :	**0.00**
Gruppo :	**A2-4**

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Committente: **S.G.M Geologia e Ambiente Srl**

Cantiere: **Via G. Verdi, Zibido - San Giacomo (MI)**

Campione: **SW7 CR7 mt. 24.0-25.0**

Data inizio prova: **07/02/2024**

Verbale di accettazione n.6 del 12/01/2024

CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)

Gruppo :	**A2-4**

CLASSIFICA NORMA USCS ASTM D2487

Gruppo :	**SM**

A.3 Campagna Geognostica – SoilData services 2014

ALLEGATO 1

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

– STRATIGRAFIA –

SoilData Services S.r.l.

Via M. Grazia, 24/A

[illegible] | [illegible] (LC)

[illegible]

PROJECT: Appennini Energy S.p.A
Permesso di Ricerca Radio
Pozzo Monrago 1DRI

DATE: 12/06/2014

Drill: 127101

Prepared by: G. P.

GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG

Elevation:

Location: Zibello San Giacomo (PR)

S1

Depth (m)	Technical log & Sampling	Ground water level	Stratigraphy	Soil description & Classification	Classification	Depth (m)	Standard Penetration Test: Blows (per 15cm)	Grain size analysis: Gravel	Sand	Silt	Clay	% Organics	Atterberg lim.: W_L (Liquid limit)	W_P (Plastic limit)	I_P (Plasticity index)	Physical Characteristics: γ_d (dry unit weight)	γ (Bulk density)	γ_s (dry density)	γ_s (Specific density)	γ (Unit weight)	γ_s (Saturated density)	Vane Test: S_u	S_u (remoulded)	S_u (average value)	Shear Test: ϕ' (deg)	c' (kPa)	Triaxial Compression Test: Test type	ϕ' (deg)	c' (kPa)	ϕ' (deg)	c' (kPa)	Ed-Consolidation Test: C_c	C_r	C_v (cm²/s)	M_v (MPa)	P_c (kPa)	Depth (m)
1				[illegible]		1																																1
2						2																																2
3						3																																3
4						4																																4
5						5																																5
6						6																																6
7						7																																7
8						8																																8
9						9																																9
10						10																																10
11						11																																11
12						12																																12
13						13																																13
14						14																																14
15						15																																15
16						16																																16
17						17																																17
18						18																																18
19						19																																19
20						20																																20
21						21																																21
22						22																																22
23						23																																23
24						24																																24

[illegible]

Abbreviation notes

b: Disturbed soil (bore sample)
c: Dry core barrel sample
d: Undisturbed vibrocorer double tube sample
h: Split spoon sample

g: Bulk density (kN/m³)
gd: Dry density (kN/m³)
G: Specific density (kN/m³)
Su: Undrained shear strength from MCI (kPa)
qu: Unconfined compression strength (kPa)

CU: Consolidated sample, undrained loading conditions
UU: Unconsolidated sample, undrained loading conditions
CDP: Consolidated sample, drained loading conditions with pore pressure measurements
CD: Consolidated sample, drained loading conditions
φ'c: Friction angle, cohesion (total values)

φ'r: c' Friction angle, cohesion (effective values)
Cc: Cc Consolidation index (loading, unloading)
Cv: Consolidation coefficient
M: Compression modulus
Pc: Effective preconsolidation stress

SoilData Services S.r.l.
Via R. Bacon, 26/A
[illegible] - Rubiana (LC)
[illegible]

PROJECT: Aggiornamento Energy S.p.A
Permesso di Ricerca Radio
Pozzo Fiorenzo 1030

DATE: 12/06/2014
Drill: 1231101
Prepared by: R. P.

GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG
Elevation:
Location: Zibello San Giacomo (PR)

S1

Depth (m)	Technical log & Sampling	Groundwater level	Stratigraphy	Soil description & Classification	Classification	Depth (m)	Standard Penetration Test (Blows / 15 cm)	Grain size analysis: Gravel	Sand	Fines < 74 µm	Clay < 2 µm	% Organic	Atterberg lim.: Liquid limit	Plastic limit	Plasticity index	Physical Characteristics: γ water content (%)	γ Bulk density	γ Dry density	γ Solid density	γ Void ratio	γ Saturat. degree (%)	Vane Test: Su	Su (remoulded)	Sensitivity (-)	Shear Test: φ' deg	c' kPa	Triaxial Compression Test: Test type	φ' deg	c' kPa	φ' deg	c' kPa	1D Consolidation Test: Cc	Cr	Cv (m²/s)	σ' kPa	Pc kPa	Depth (m)
20						20																															20
21						21																															21
22						22																															22
23						23																															23
24						24																															24
25						25																															25
26						26																															26
27						27																															27
28						28																															28
29						29																															29
30						30																															30
31						31																															31
32						32																															32
33						33																															33
34						34																															34
35						35																															35

ABBREVIATION NOTES:
A: Undisturbed sand bank sample
C: Disturbed core barrel sample
D: Undisturbed stationary density/size sample
R: Rock core sample

γ: Bulk density (kN/m³)
γd: Dry density (kN/m³)
γs: Specific density (kN/m³)
Su: Undrained shear strength (kPa)
qu: Unconfined compression strength (kPa)

CU: Consolidated sample, undrained loading conditions
CD: Consolidated sample, drained loading conditions
CIDV: Consolidated sample, drained loading conditions with pore pressure measurements
φ', c': Friction angle, cohesion (effective values)
Cc, Cr: Compression index (loading, unloading)
Cv: Consolidation coefficient
H: Consolidation duration
Pc: Effective preconsolidation stress

ALLEGATO 2

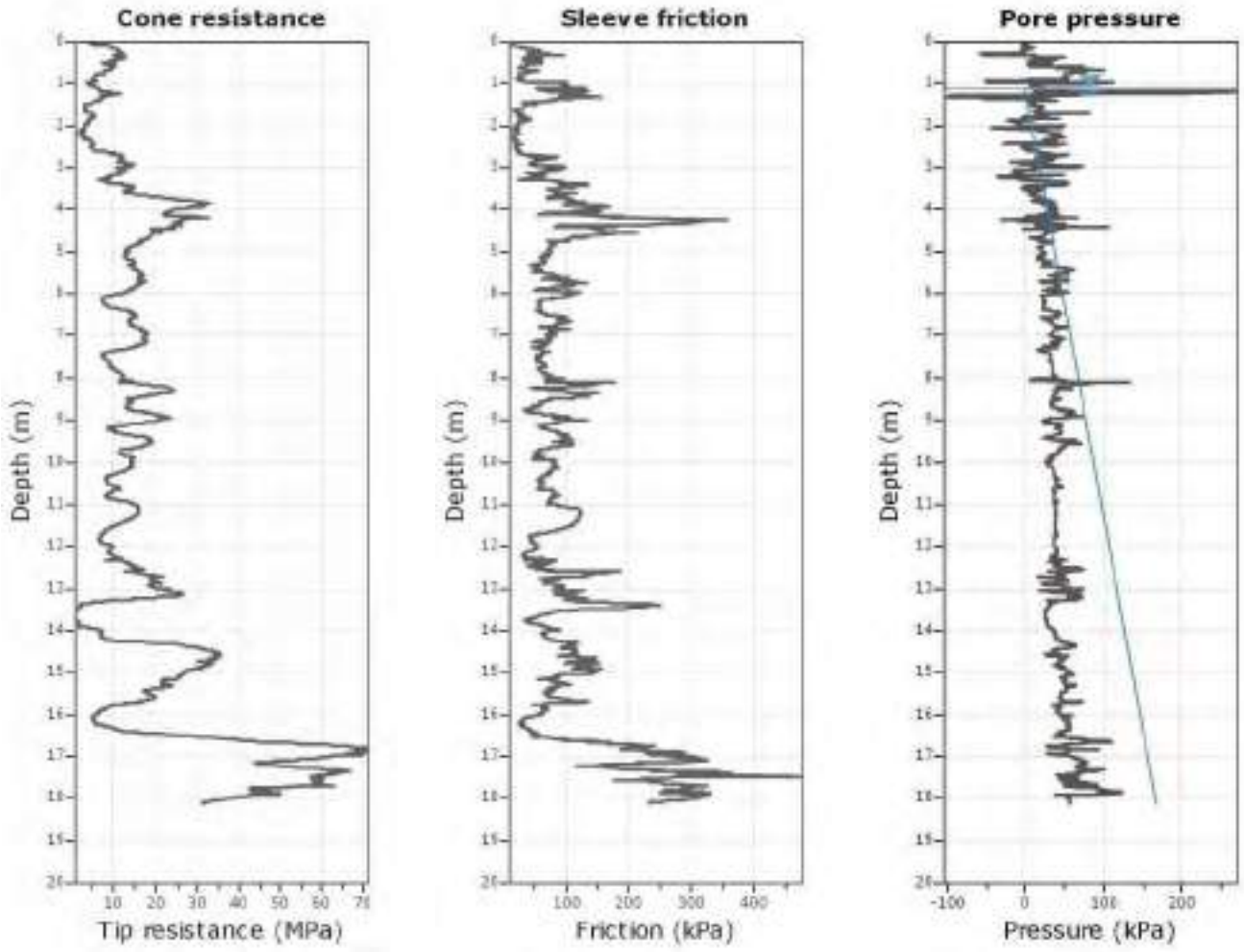
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

– RISULTATI –

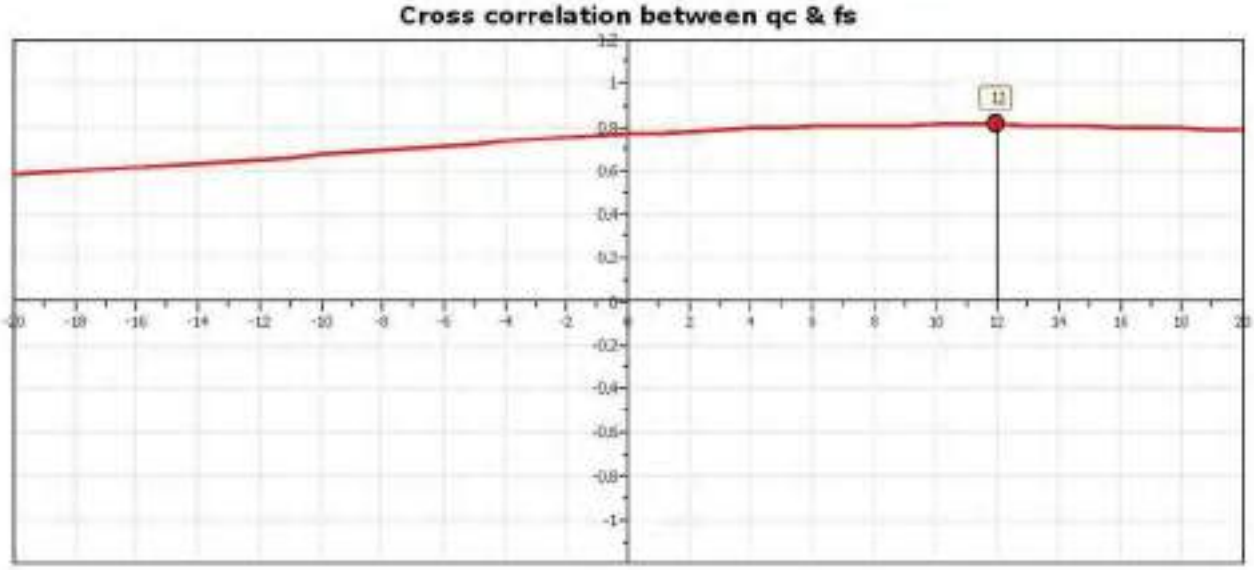
CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.** Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)** Surface Elevation: 0.00 m



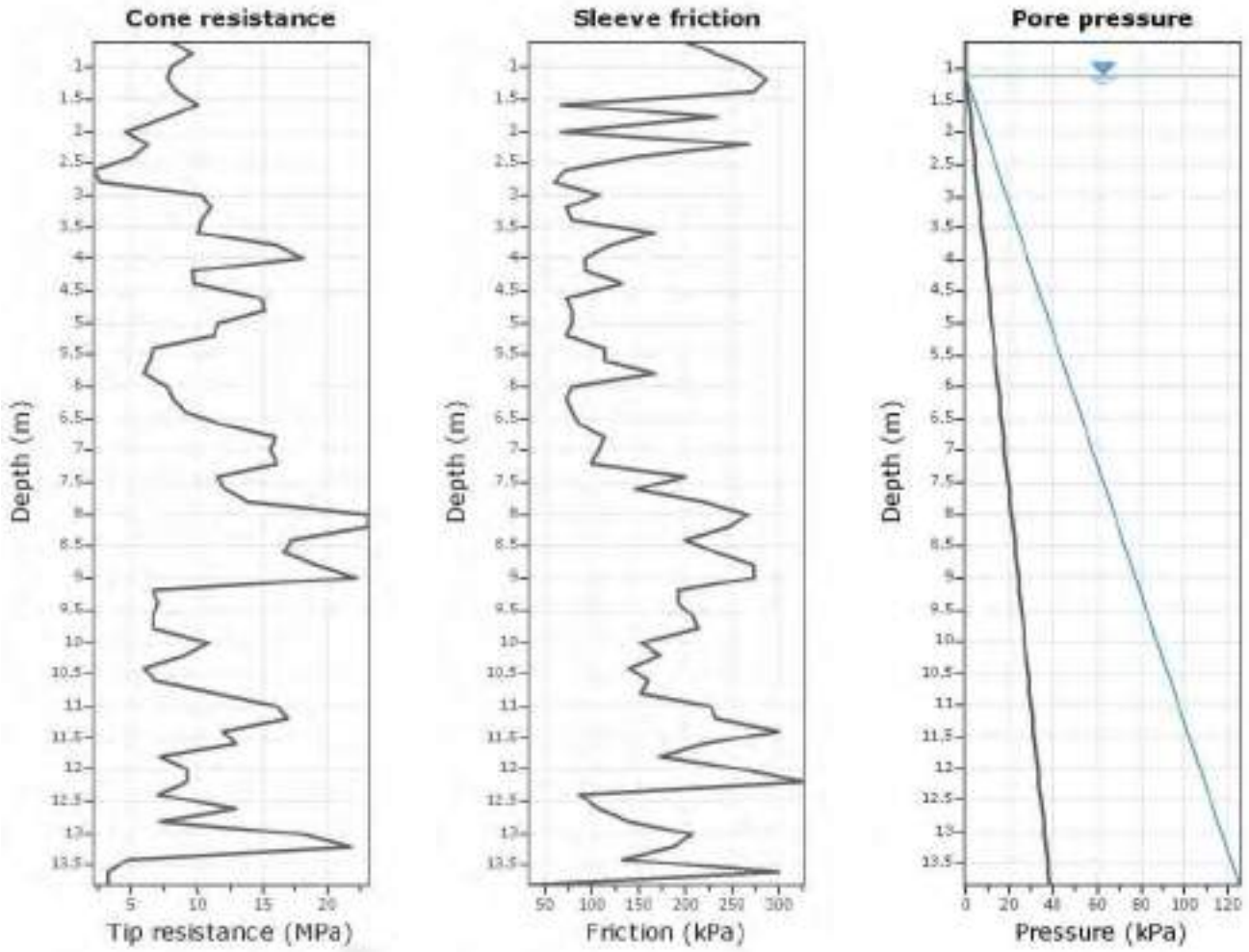
The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



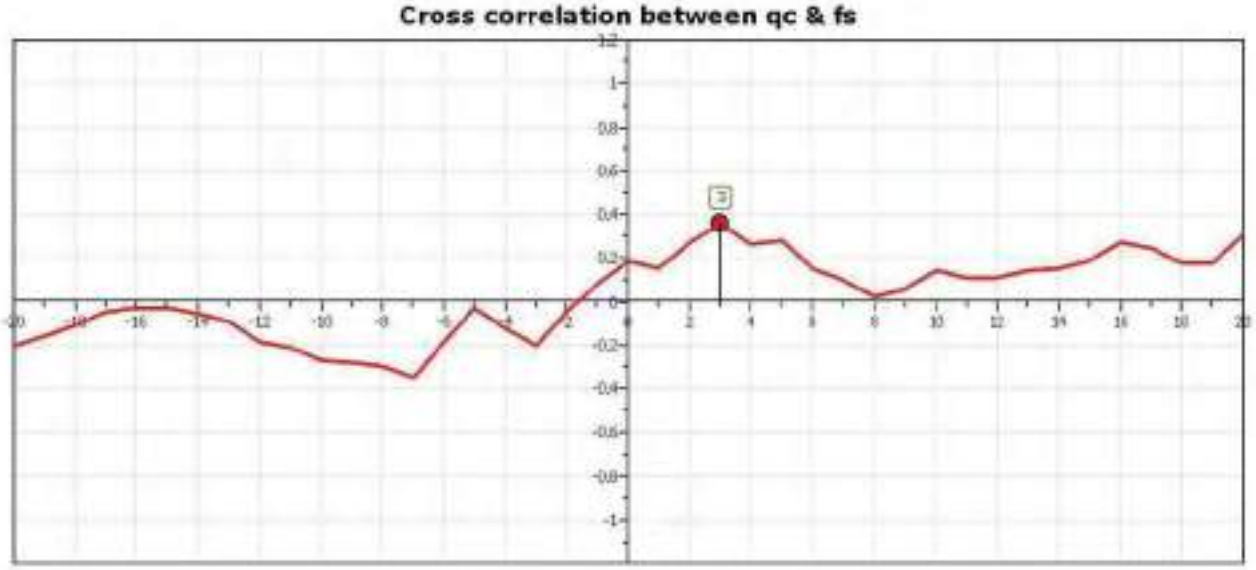
CPT: CPT-02

Project: **Appenine Energy S.p.A.** Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)** Surface Elevation: 0.00 m



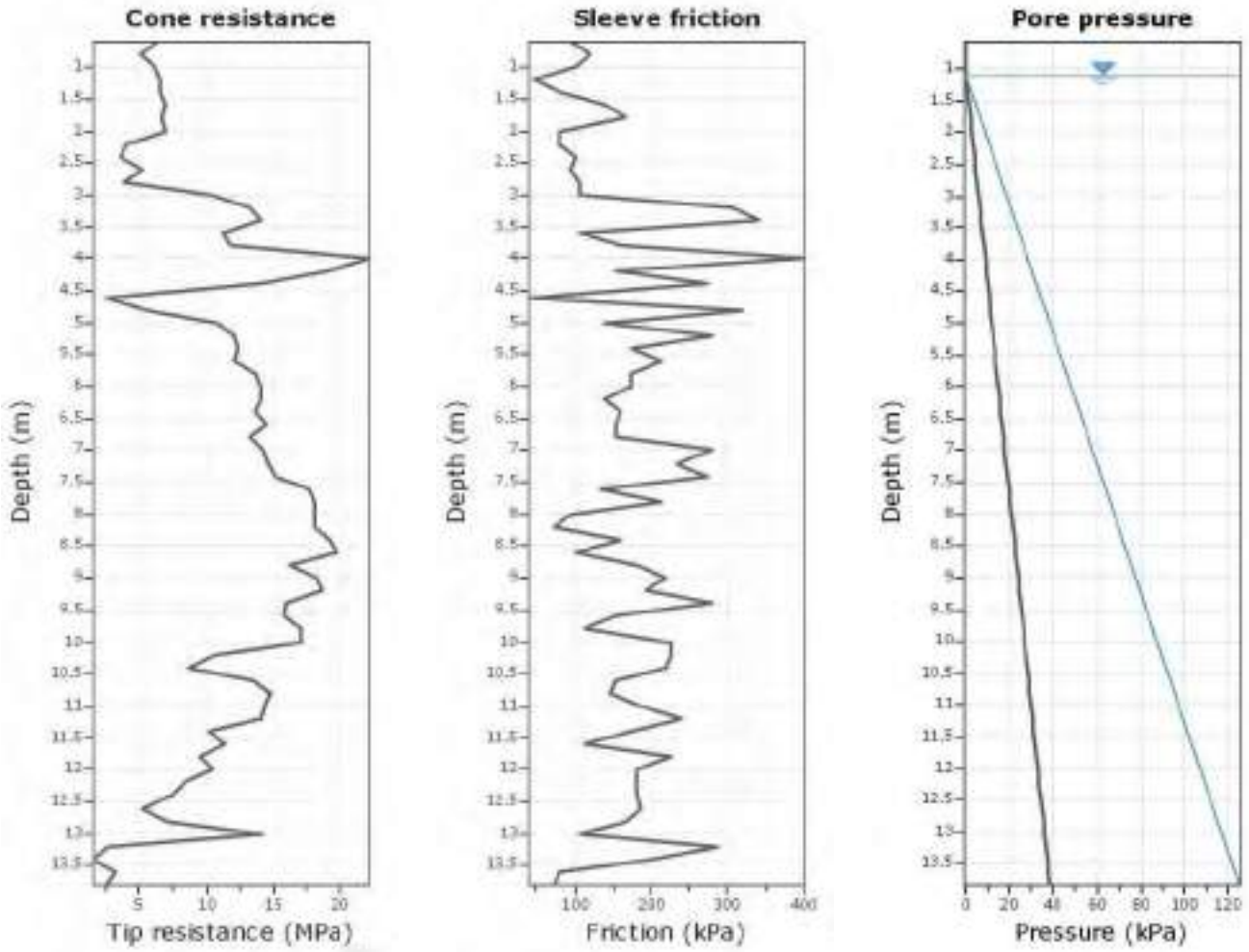
The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



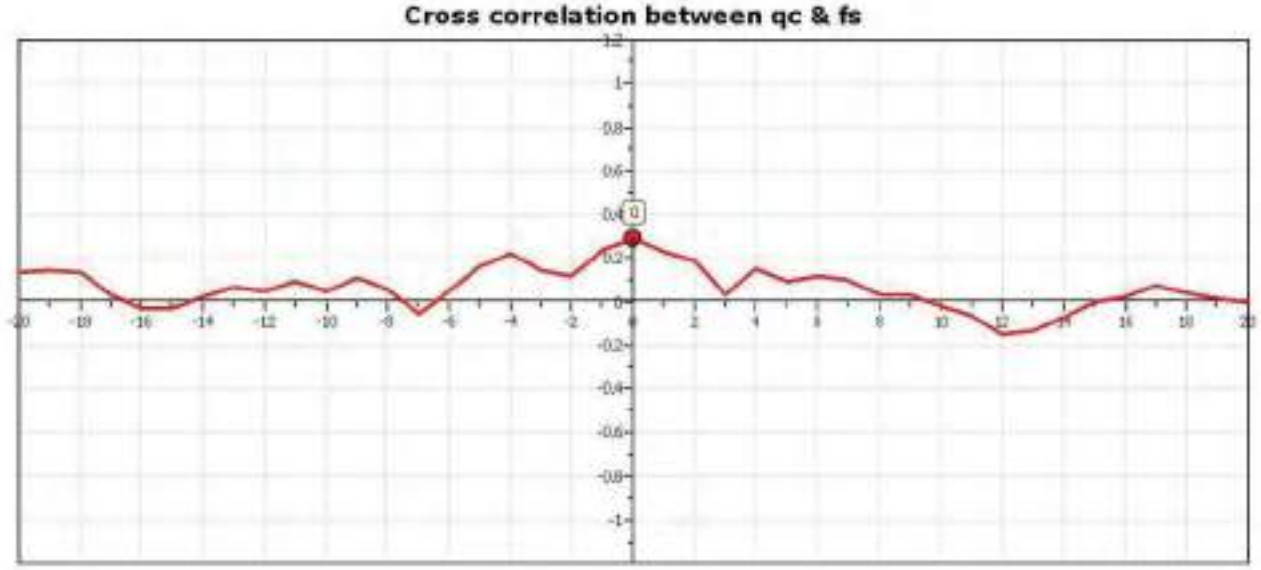
CPT: CPT-03

Project: **Appenine Energy S.p.A.** Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)** Surface Elevation: 0.00 m



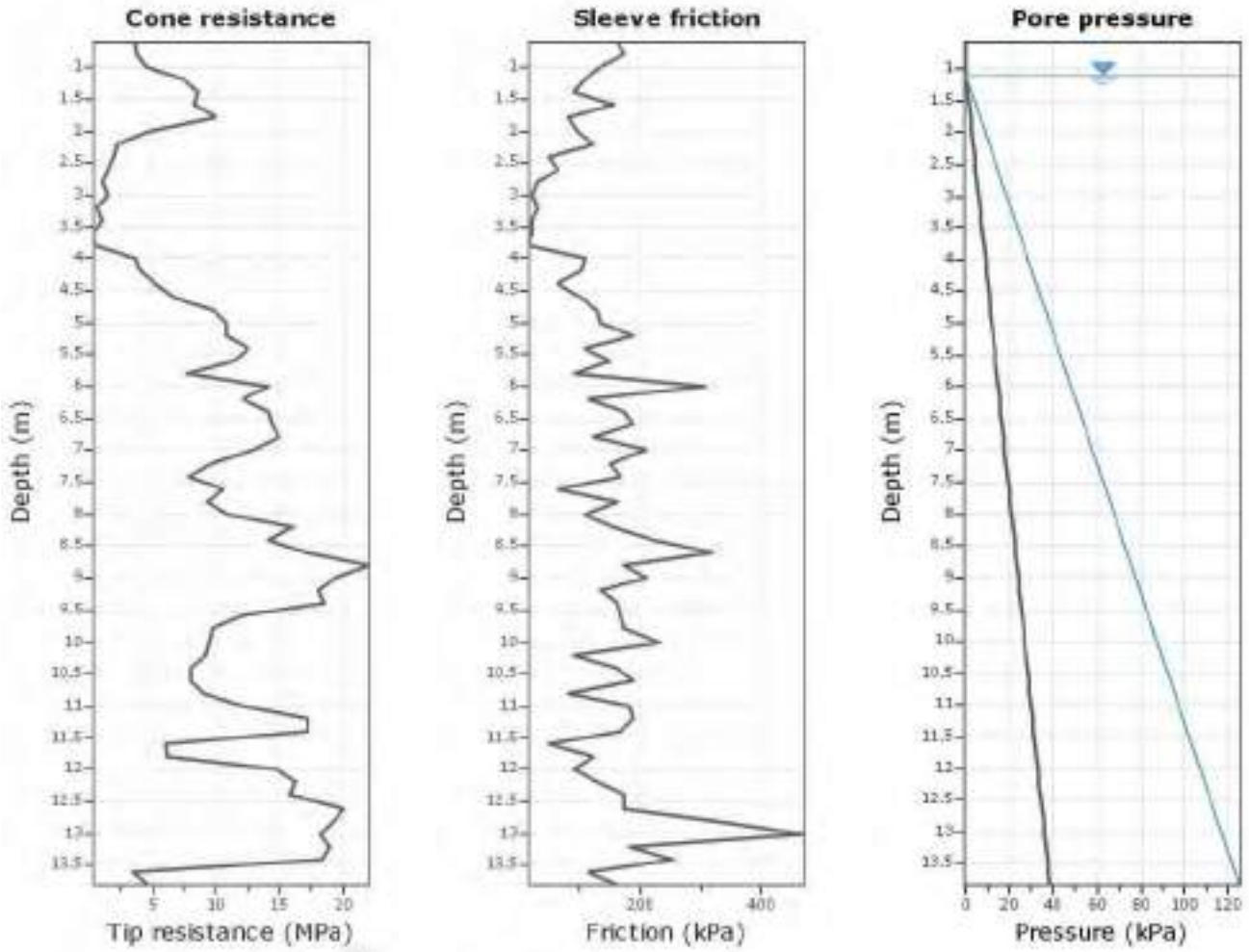
The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



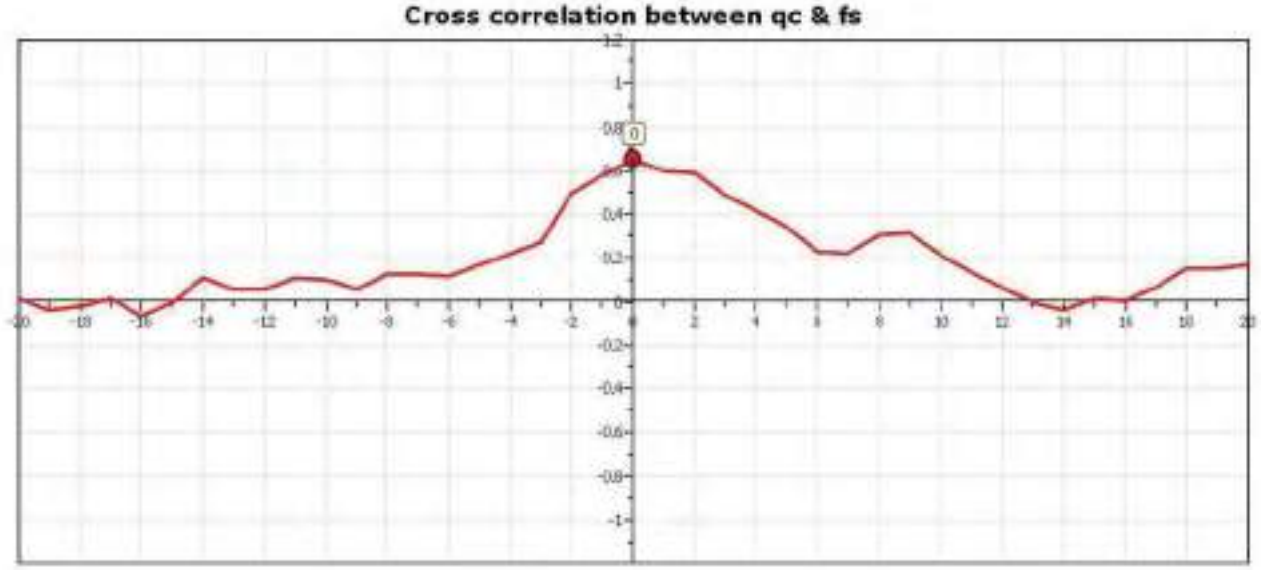
CPT: CPT-04

Project: **Appenine Energy S.p.A.** Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)** Surface Elevation: 0.00 m



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

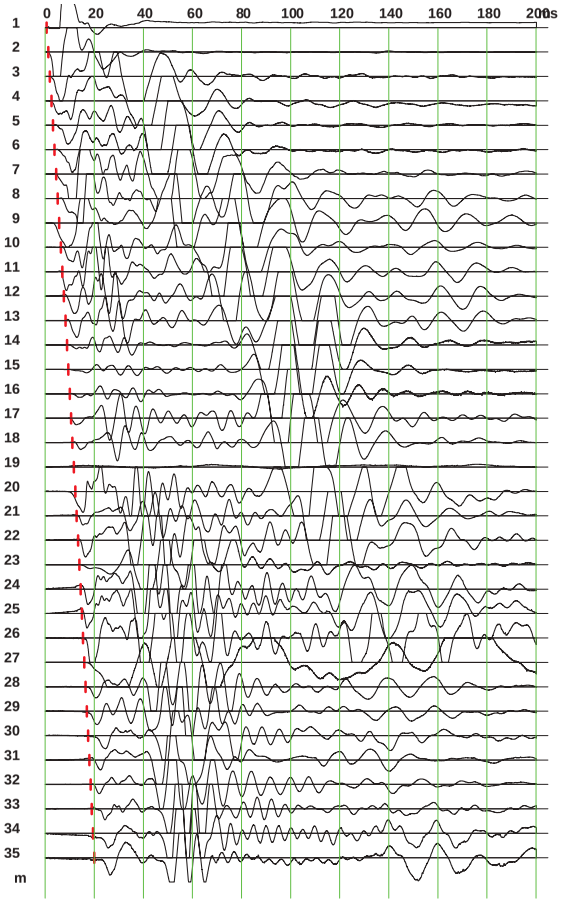


ALLEGATO 3

PROSPEZIONE SISMICA DOWN-HOLE

– RISULTATI –

Sismogramma onde compressive (P)



Sismogramma onde trasversali (S)

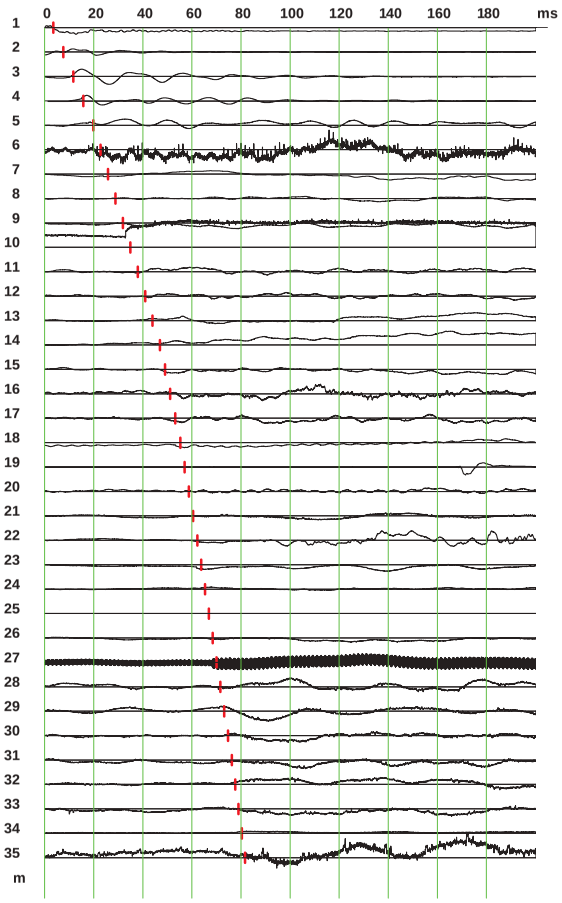
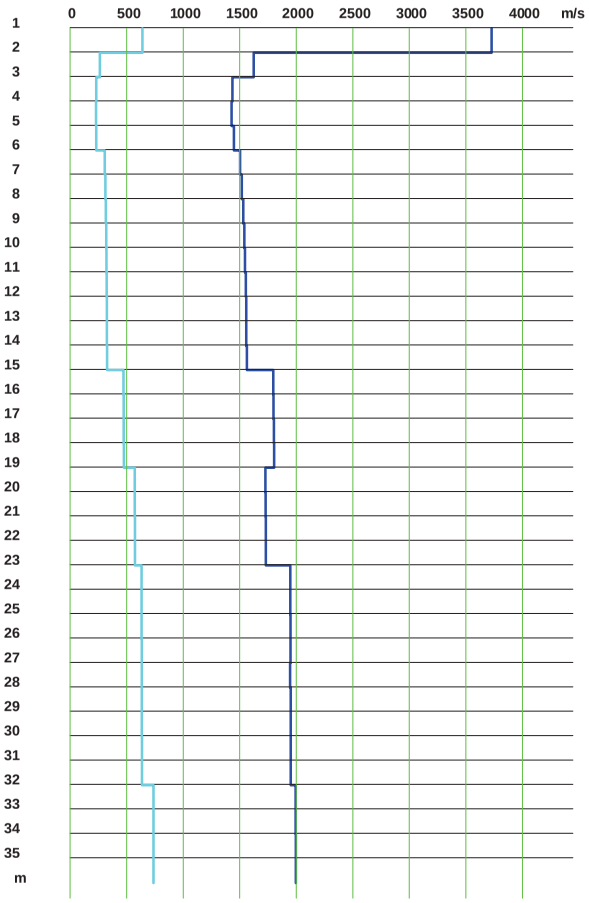


Grafico delle velocità P ed S



Prof.	Distanza	Tp	Ts	DVp	DVs	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E	G	r
1		.6	3.5	3727	639	5.83	.17	.48	1818	612	1.5
2	2.8	1.3	7.6	1625	264	6.16	.16	.49	352	118	1.7
3	3.6	1.9	11.7	1435	231	6.22	.16	.49	269	90	1.7
4	4.5	2.6	15.7	1429	229	6.25	.16	.49	265	89	1.7
5	5.4	3.2	19.8	1449	232	6.26	.16	.49	287	96	1.8
6	6.3	3.8	22.8	1503	306	4.91	.2	.48	499	169	1.8
7	7.3	4.5	25.8	1518	313	4.86	.21	.48	520	176	1.8
8	8.2	5.1	28.9	1532	317	4.84	.21	.48	534	181	1.8
9	9.2	5.7	31.9	1541	320	4.82	.21	.48	545	184	1.8
10	10.2	6.4	34.9	1546	322	4.8	.21	.48	552	187	1.8
11	11.2	7.	37.9	1553	324	4.8	.21	.48	558	189	1.8
12	12.2	7.6	41.	1557	325	4.79	.21	.48	561	190	1.8
13	13.2	8.3	44.	1558	326	4.78	.21	.48	565	191	1.8
14	14.1	8.9	47.	1563	327	4.79	.21	.48	568	192	1.8
15	15.1	9.5	49.1	1797	472	3.8	.26	.46	1306	446	2.
16	16.1	10.	51.2	1800	474	3.8	.26	.46	1314	449	2.
17	17.1	10.6	53.2	1802	475	3.79	.26	.46	1320	451	2.
18	18.1	11.1	55.3	1804	476	3.79	.26	.46	1325	453	2.
19	19.1	11.7	57.	1728	571	3.02	.33	.44	1879	653	2.
20	20.1	12.3	58.8	1729	572	3.02	.33	.44	1886	655	2.
21	21.1	12.8	60.5	1730	573	3.02	.33	.44	1891	657	2.
22	22.1	13.4	62.2	1731	574	3.02	.33	.44	1896	659	2.
23	23.1	13.9	63.8	1947	632	3.08	.32	.44	2301	798	2.
24	24.1	14.4	65.3	1947	633	3.08	.32	.44	2309	801	2.
25	25.1	14.9	66.9	1948	633	3.08	.32	.44	2310	802	2.
26	26.1	15.4	68.5	1949	634	3.08	.33	.44	2314	803	2.
27	27.1	16.	70.	1946	634	3.07	.33	.44	2319	805	2.
28	28.1	16.5	71.6	1950	634	3.07	.33	.44	2319	805	2.
29	29.1	17.	73.2	1951	635	3.07	.33	.44	2322	806	2.
30	30.1	17.5	74.7	1951	635	3.07	.33	.44	2326	807	2.
31	31.1	18.	76.3	1952	635	3.07	.33	.44	2325	807	2.
32	32.1	18.5	77.7	1995	737	2.71	.37	.42	3086	1086	2.
33	33.1	19.	79.	1995	737	2.71	.37	.42	3089	1087	2.
34	34.1	19.5	80.4	1995	737	2.71	.37	.42	3091	1088	2.
35	35.1	20.	81.7	1996	738	2.71	.37	.42	3093	1088	2.

LEGENDA

Tempo di primo arrivo ai geofoni delle onde P ed S

Velocità delle onde P

Velocità delle onde S

Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
Tp = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
v = Coefficiente di Poisson
E = Modulo elastico (Young) in MegaPascal
G = Modulo di taglio in MegaPascal
r = Densità in tonnellate al metrocubo

Vs30 = 402 m/s

Committente: Soildata s.r.l.

Cantiere di Zibido San Giacomo

Prova sismica Down-Hole - DH1

SISMOGRAMMI P ed S E VELOCITA' SISMICHE

All.2/a	Settembre 2014	EEG s.r.l. GEOFISICA ELABORAZIONE DATI

Grafico dei parametri E e G

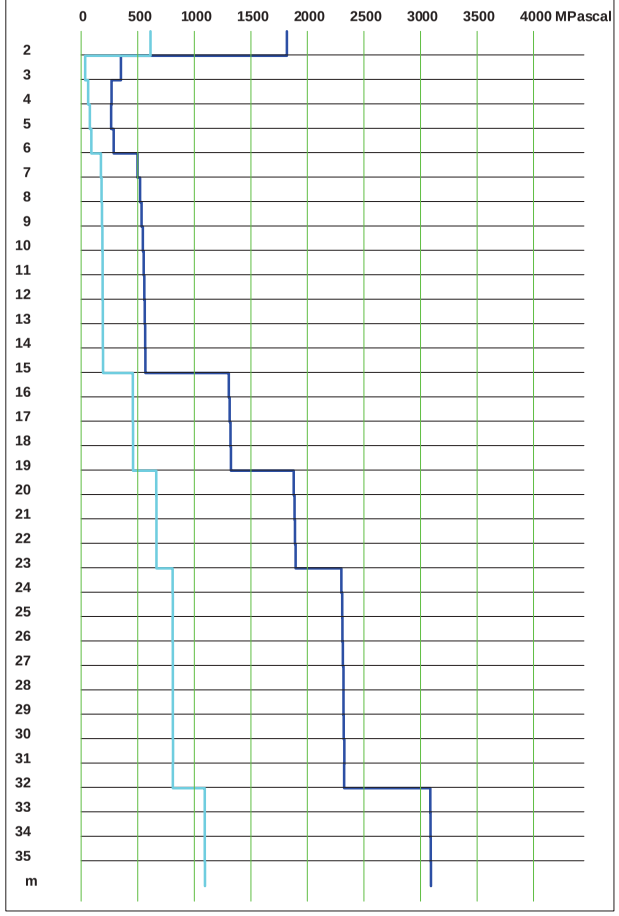


Grafico del coefficiente di Poisson

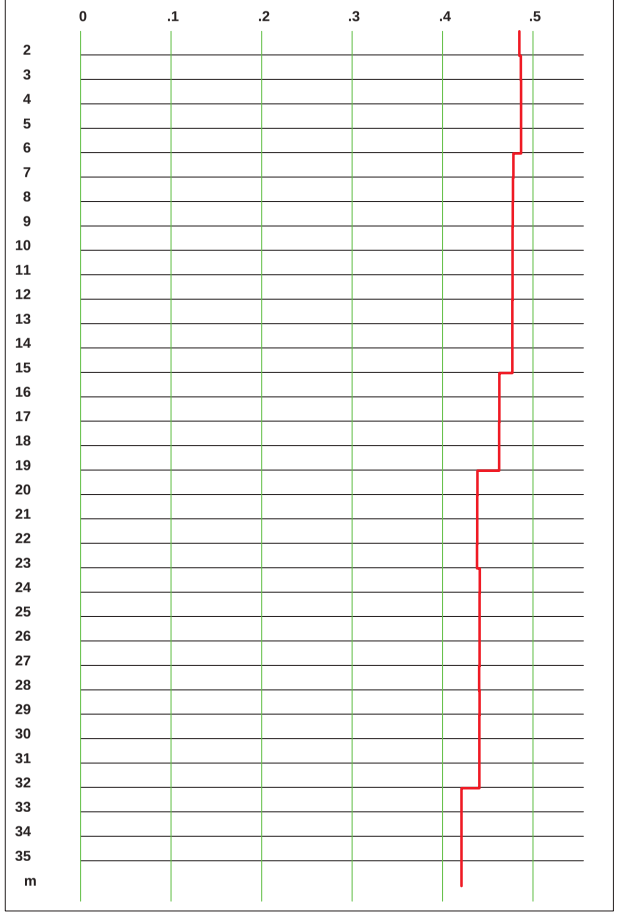
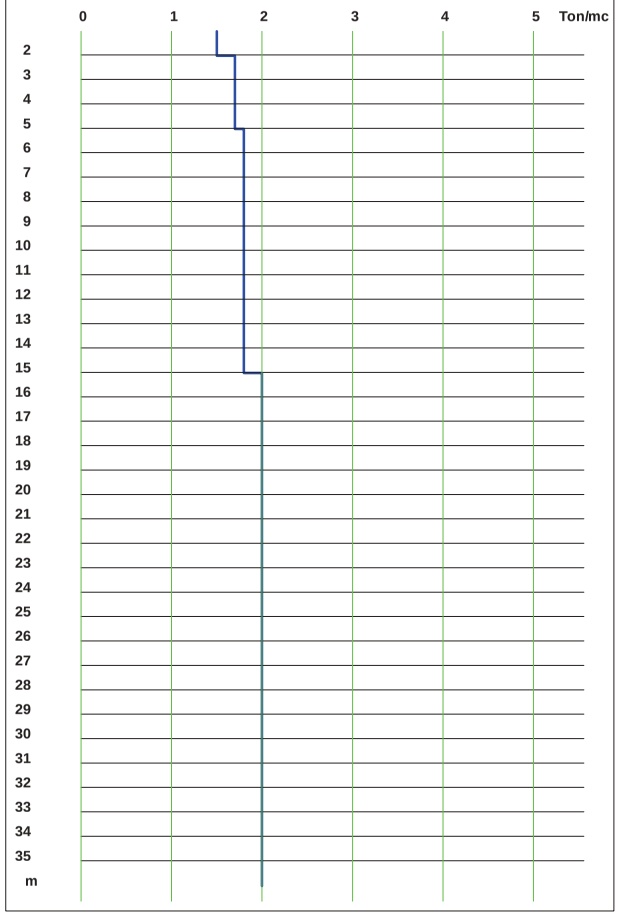


Grafico del peso di volume utilizzato



Prof.	Distanza	Tp	Ts	DVp	DVs	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E	G	r
1		.6	3.5	3727	639	5.83	.17	.48	1818	612	1.5
2	2.8	1.3	7.6	1625	264	6.16	.16	.49	352	118	1.7
3	3.6	1.9	11.7	1435	231	6.22	.16	.49	269	90	1.7
4	4.5	2.6	15.7	1429	229	6.25	.16	.49	265	89	1.7
5	5.4	3.2	19.8	1449	232	6.26	.16	.49	287	96	1.8
6	6.3	3.8	22.8	1503	306	4.91	.2	.48	499	169	1.8
7	7.3	4.5	25.8	1518	313	4.86	.21	.48	520	176	1.8
8	8.2	5.1	28.9	1532	317	4.84	.21	.48	534	181	1.8
9	9.2	5.7	31.9	1541	320	4.82	.21	.48	545	184	1.8
10	10.2	6.4	34.9	1546	322	4.8	.21	.48	552	187	1.8
11	11.2	7.	37.9	1553	324	4.8	.21	.48	559	189	1.8
12	12.2	7.6	41.	1557	325	4.79	.21	.48	561	190	1.8
13	13.2	8.3	44.	1558	326	4.78	.21	.48	565	191	1.8
14	14.1	8.9	47.	1563	327	4.79	.21	.48	568	192	1.8
15	15.1	9.5	49.1	1797	472	3.8	.26	.46	1306	446	2.
16	16.1	10.	51.2	1800	474	3.8	.26	.46	1314	449	2.
17	17.1	10.6	53.2	1802	475	3.79	.26	.46	1320	451	2.
18	18.1	11.1	55.3	1804	476	3.79	.26	.46	1325	453	2.
19	19.1	11.7	57.	1728	571	3.02	.33	.44	1879	653	2.
20	20.1	12.3	58.8	1729	572	3.02	.33	.44	1886	655	2.
21	21.1	12.8	60.5	1730	573	3.02	.33	.44	1891	657	2.
22	22.1	13.4	62.2	1731	574	3.02	.33	.44	1896	659	2.
23	23.1	13.9	63.8	1947	632	3.08	.32	.44	2301	798	2.
24	24.1	14.4	65.3	1947	633	3.08	.32	.44	2309	801	2.
25	25.1	14.9	66.9	1948	633	3.08	.32	.44	2310	802	2.
26	26.1	15.4	68.5	1949	634	3.08	.32	.44	2314	803	2.
27	27.1	16.	70.	1946	634	3.07	.33	.44	2319	805	2.
28	28.1	16.5	71.6	1950	634	3.07	.33	.44	2319	805	2.
29	29.1	17.	73.2	1951	635	3.07	.33	.44	2322	806	2.
30	30.1	17.5	74.7	1951	635	3.07	.33	.44	2326	807	2.
31	31.1	18.	76.3	1952	635	3.07	.33	.44	2325	807	2.
32	32.1	18.5	77.7	1995	737	2.71	.37	.42	3086	1086	2.
33	33.1	19.	79.	1995	737	2.71	.37	.42	3089	1087	2.
34	34.1	19.5	80.4	1995	737	2.71	.37	.42	3091	1088	2.
35	35.1	20.	81.7	1996	738	2.71	.37	.42	3093	1088	2.

LEGENDA

Coefficiente di Poisson

Modulo Elastico E

Modulo di Taglio

Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
Tp = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
v = Coefficiente di Poisson
E = Modulo elastico (Young) in MegaPascal
G = Modulo di taglio in MegaPascal
r = Densità in tonnellate al metrocubo

Committente: Soildata s.r.l.

Cantiere di Zibido San Giacomo

Prova sismica Down-Hole - DH1

PARAMETRI ELASTICI E PESO DI VOLUME

All.2/b	Settembre 2014	EEG s.r.l. GEOFISICA ELABORAZIONE DATI

ALLEGATO 4

INDAGINI PREGRESSE

– STRATIGRFIA SONDAGGIO –

Committente: SAN BENETO s.r.l.
Metodo di perforazione: rotazione
Ø 101/127
Foglio n° 1/1
Sond. n° 1

Località: Zibido San Giacomo
Posizione: Via Longarone
Quota inizio: p.c.
Data dal 29/10/2001 al 30/10/2001
Responsabile: Dott. Geol. G.Isella

RCT

SEDE:
2, via G. Di Vittorio
20060 Liscate (MI)
Tel. 02/95350109 - Fax 02/95350310
E-Mail: rct@mi.nettuno.it

LEGENDA: 1,2,3 ... = camp. indisturbati; A,B,C ... = camp. rimaneggiati; a = Bishop; b = Mazier; g = gazometro; d = Bellino; e = Sonderbohr; DM: CORONA DIAMANTATA; PC: CORONA WIDIA

LIVELLO ACQUA DURANTE LA PERFORAZIONE

data	profondità foro	prof.rivest.	livello acqua
30/10	12.00	12.00	-2.10

Profondita'	Scala 1:100	Stratigrafia	Campioni	Descrizione	Prof. SPT	N° colpi SPT	Pocket Penetrometer	Vane Test	Filtri	Note
0.50	1			sabbia limosa marrone ingl. rara ghiaia medio fine e resti vegetali						
1.90	2			sabbia deb. limosa bruna e bruno grigia ingl. ghiaia medio fine (Ø max 4 cm)	1.50	6 7 5				
	3			ghiaia medio fine in matrice sabbiosa deb. limosa bruno grigia	3.00	7 5 5				
4.00	4									
	5			ghiaia eterometrica in abb. matrice sabbioso limosa bruno nocciola	4.50	10 15 11				
	6				6.00	14 7 12				
6.80	7									
7.10				sabbia limosa loc. a deb. leg. argilloso bruno nocciola ingl. rarissima ghiaia fine						
	8			sabbia deb. limosa da bruno nocciola a bruno grigia ingl. rara ghiaia (Ø max 2 cm) . Loc. pres. interlivello di sabbia limosa bruno nocciola	7.50	10 9 11				
	9				9.00	7 5 8				
9.60										
9.80	10									
10.80	11				10.50	7 12 9				
	12			sabbia deb. limosa bruna ingl. ghiaia medio fine (Ø max 4 cm)	12.00	15 7 14				
12.40	13			ghiaia medio fine in matrice sabbiosa deb. limosa bruno nocciola						
	14				13.50	21 18 15				
	15				15.00					
15.00	16			ghiaia medio fine in abb. matrice sabbiosa deb. limosa bruno grigia		10 10 13				
16.00	17			ghiaia medio fine in abb. matrice sabbioso limosa bruna	16.50	14 12 14				
18.00	18				18.00	31 15 26				
	19			idem c.s. in matrice sabbiosa deb. limosa bruno ocracea						
19.70										
20.00	20			sabbia deb. limosa bruno ocracea ingl. rara ghiaia fine	19.50	17 11 21				

SoilData
SERVICES S.R.L.

ALLEGATO 5

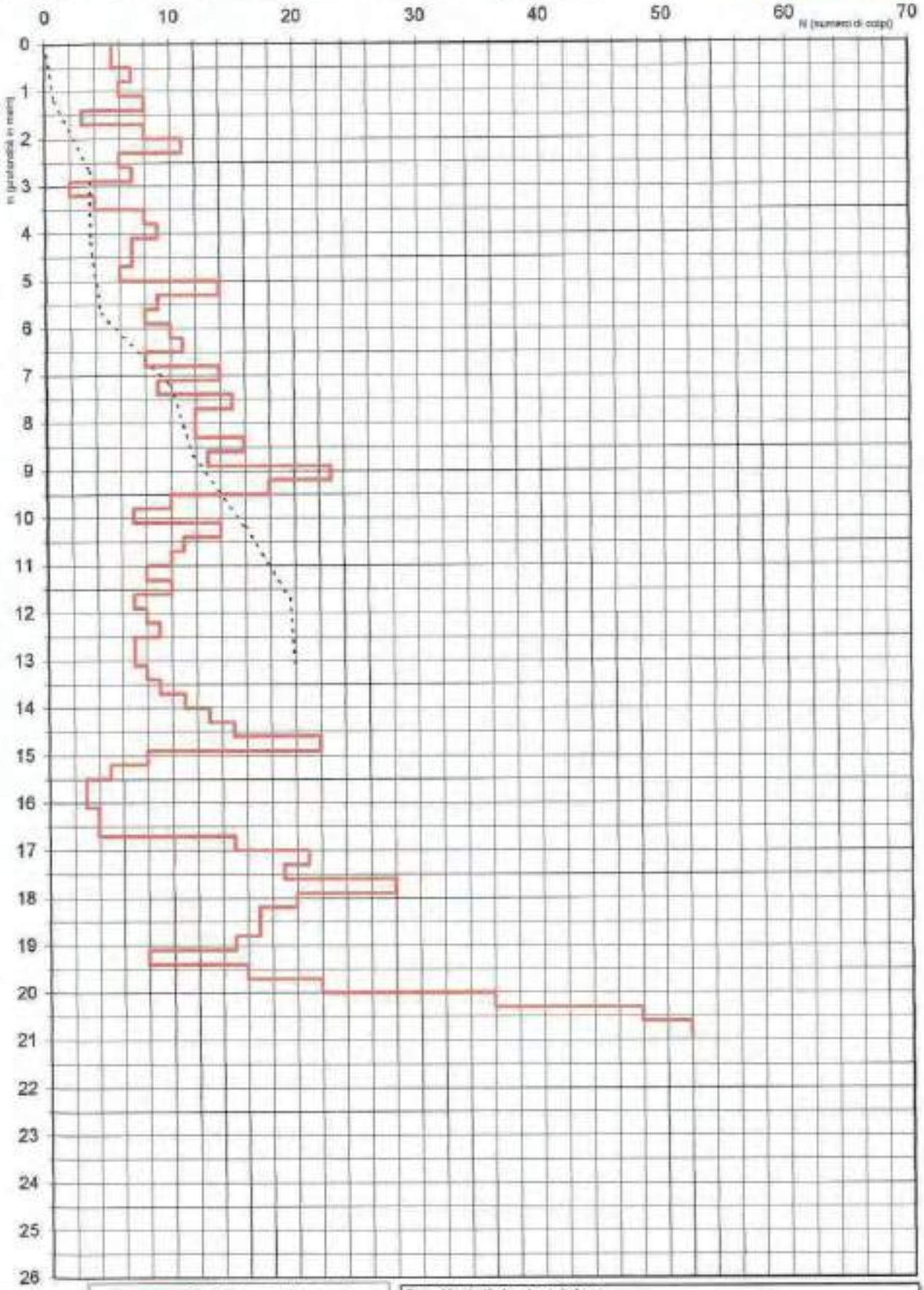
INDAGINI PREGRESSE

– PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE –

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 1

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 23/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

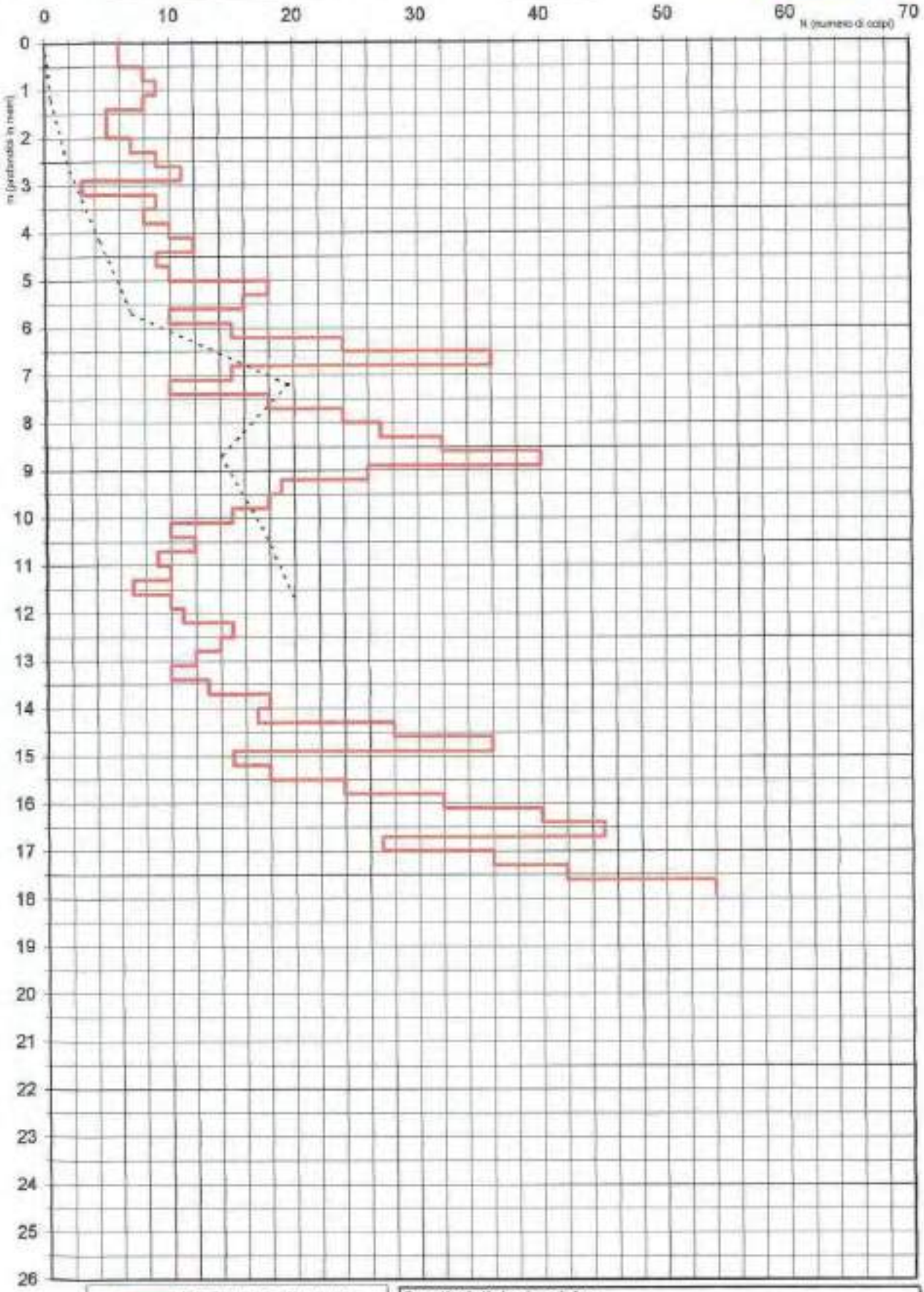
Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 2

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 23/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

Resistenza laterale

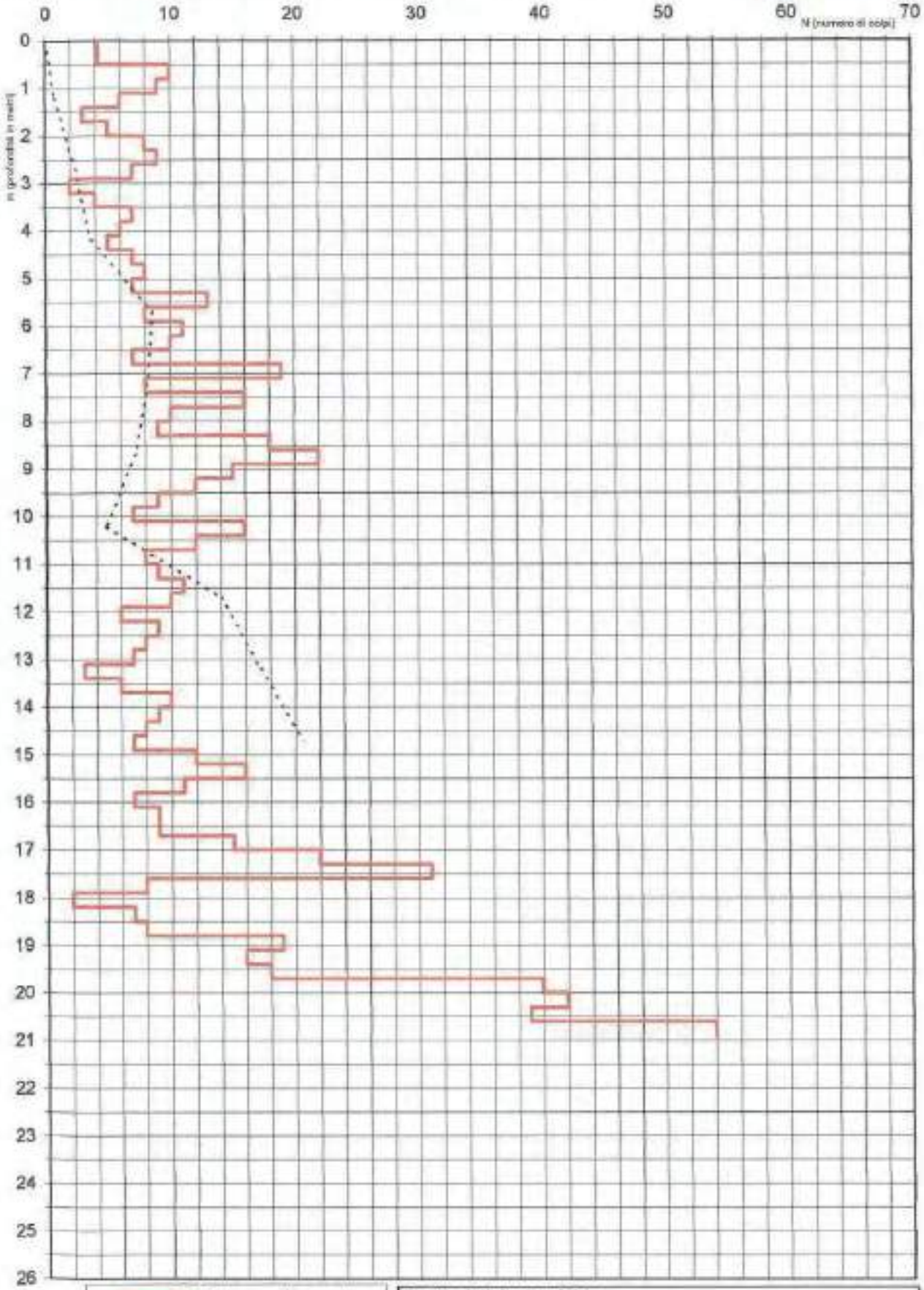
Caratteristiche tecniche:

Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 3

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 23/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.

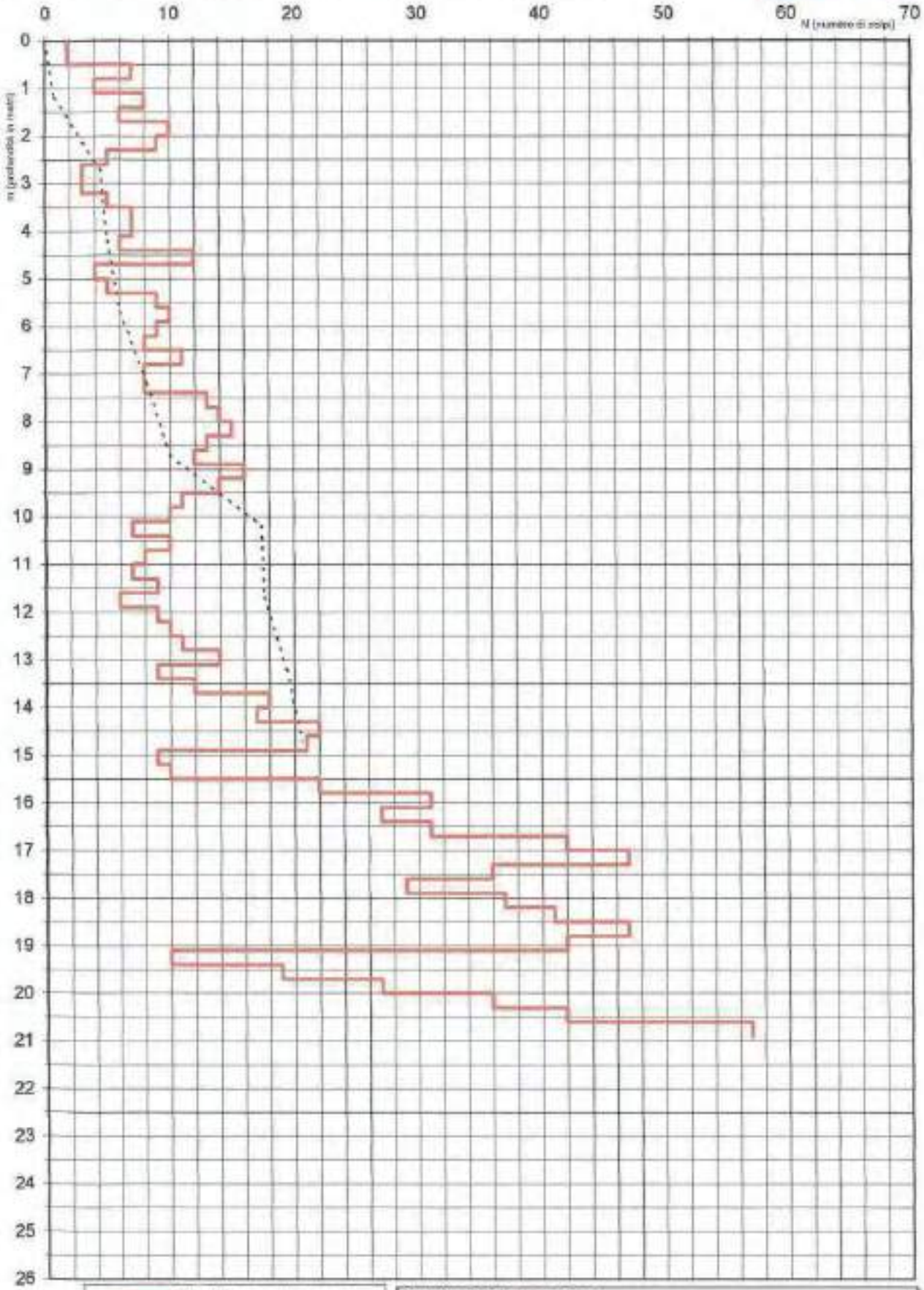


Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 4

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 23/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

Resistenza laterale

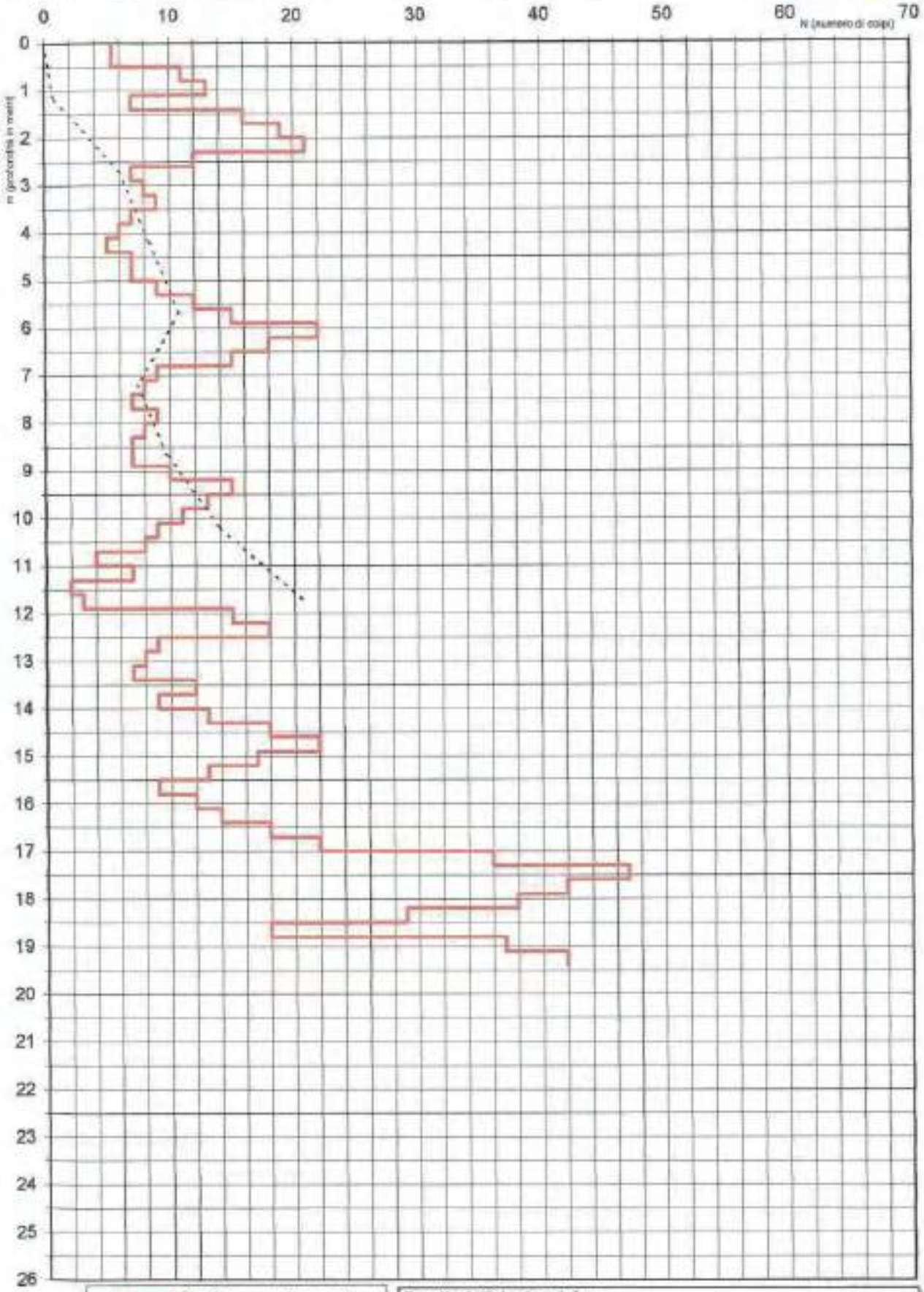
Caratteristiche tecniche:

Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 5

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 25/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.

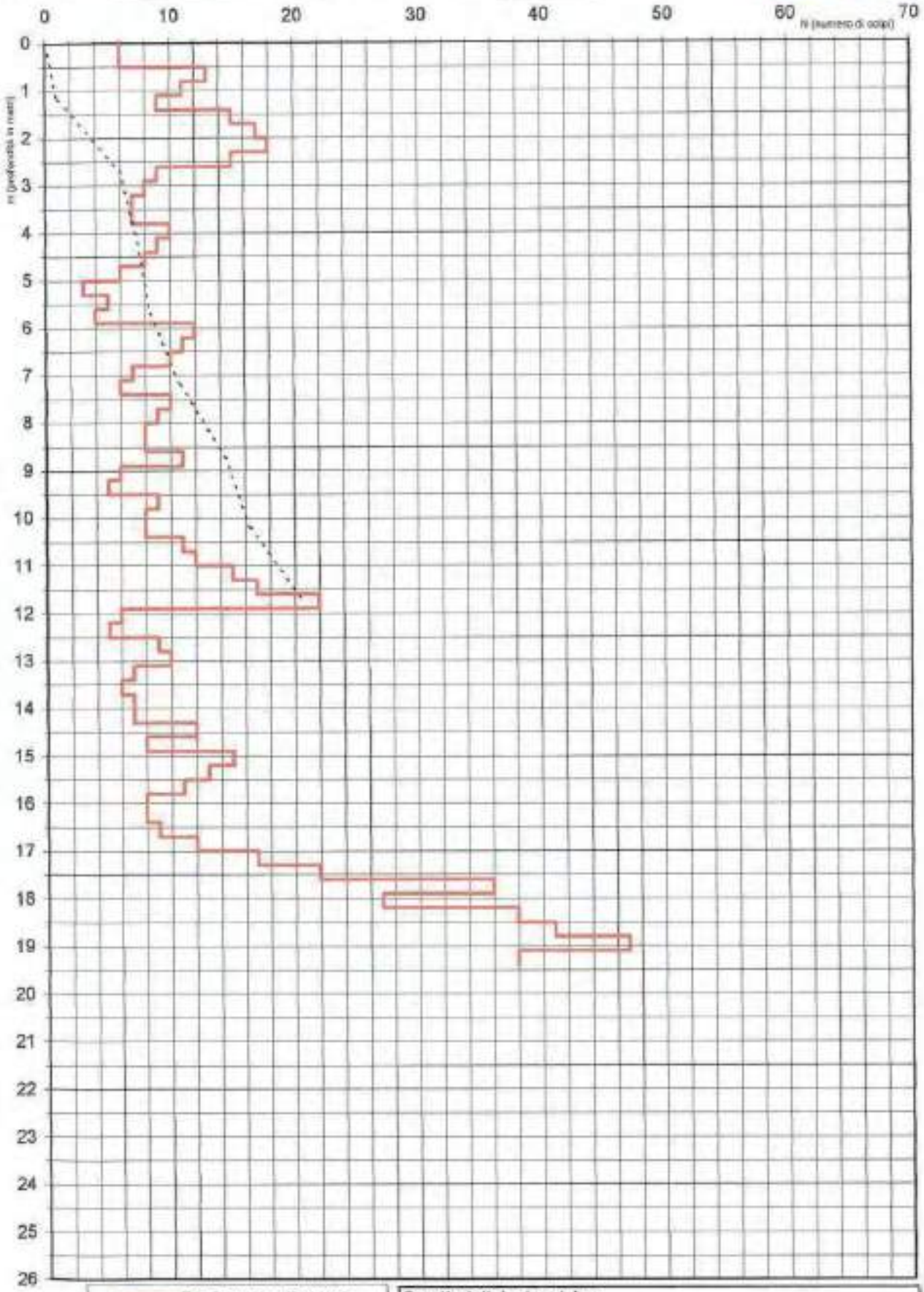


Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 6

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 25/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



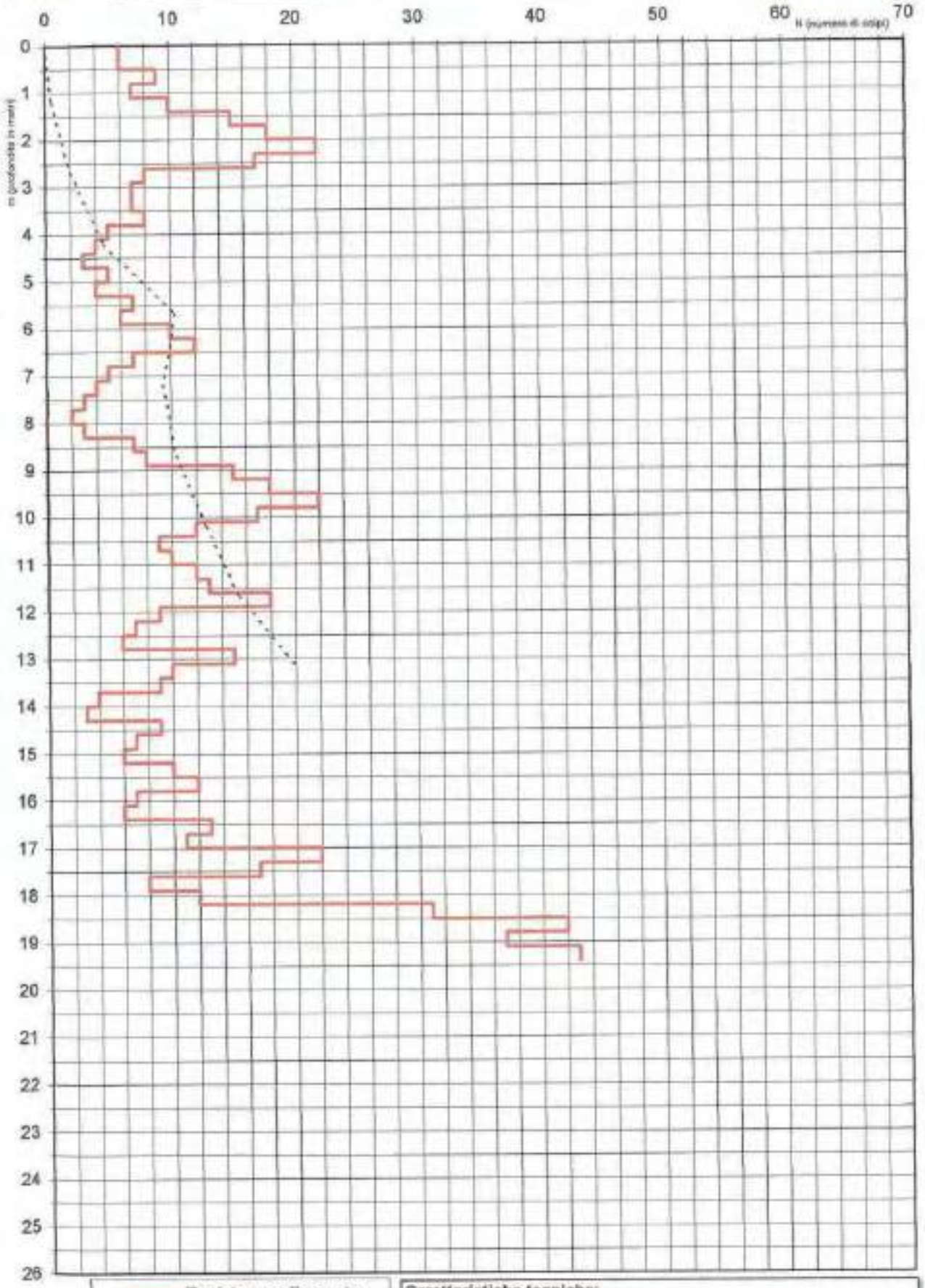
Resistenza alla punta
Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 7

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 25/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

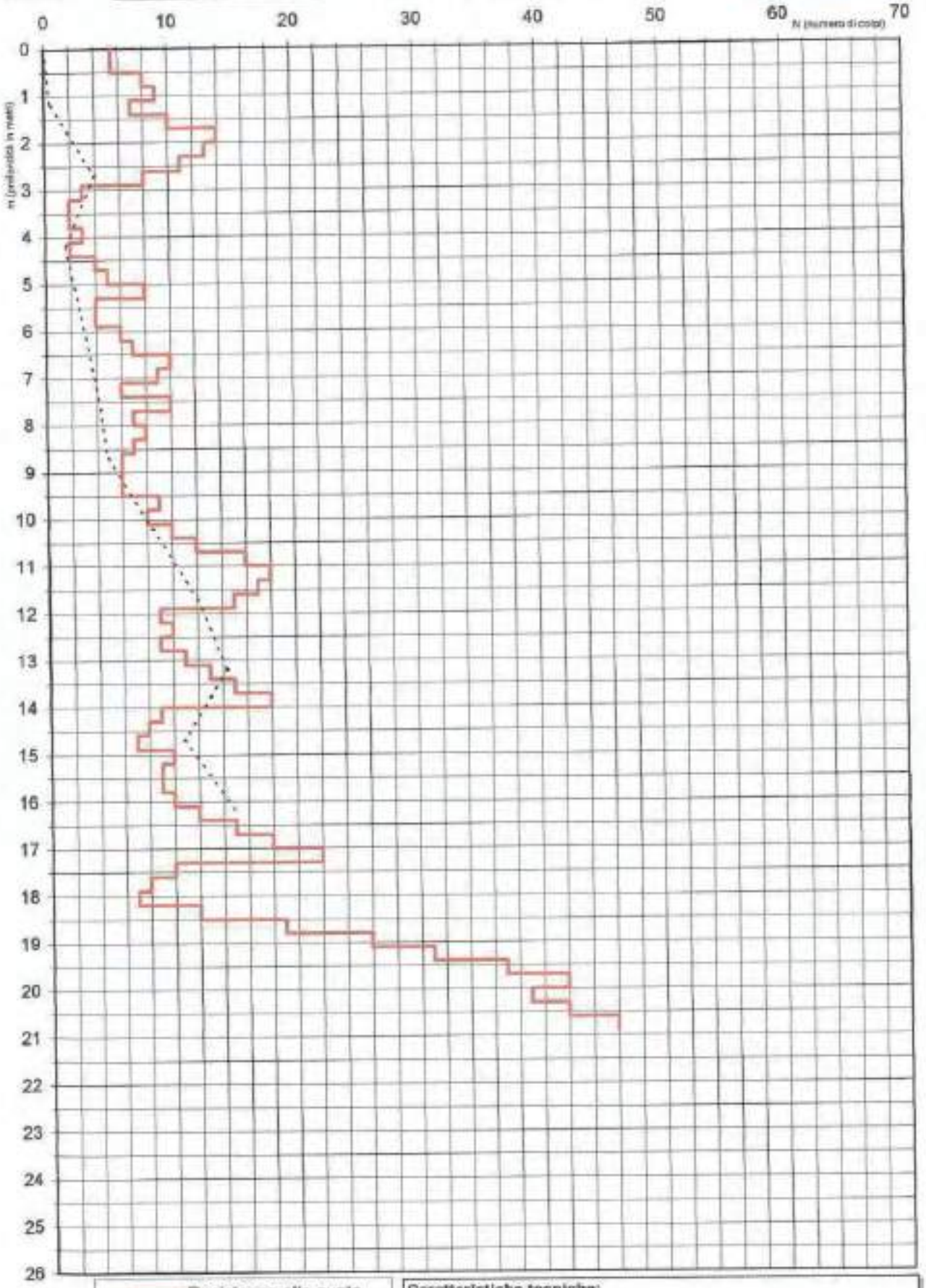
Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 8

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 25/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

ALLEGATO 6

PROVE DI LABORATORIO

– RISULTATI –

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1031**	**del 19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del 12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (*ASTM D2487-D422-D6913*) data inizio prova **12/09/2014** data fine prova **19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C1 IN CLASSE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	3,50-4,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			4173,3	*g*
Diametro massimo			64	*mm*
Diametro minimo			22	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	95,04	%
Passante	19,0	3/4	90,24	%
Passante	9,5	3/8	70,04	%
Passante	4,75	No. 4	53,35	%
Passante	2,0	No. 10	39,68	%
Passante	0,850	No. 20	28,99	%
Passante	0,425	No. 40	17,29	%
Passante	0,254	No. 60	10,88	%
Passante	0,150	No. 100	7,79	%
Passante	0,075	No. 200	5,20	%

Ghiaia g	(19-75)	9,76	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	36,89	%
Sabbia g	(2-4,75)	13,67	%
Sabbia m	(0,425-2)	22,39	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	12,09	%
Limo+argilla	(< 0,075)	5,20	%

Limo	(0,005-0,075)	3,76	%
Argilla	(< 0,005)	1,44	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0524	mm	4,57	%
0,0385	mm	4,07	%
0,0282	mm	3,58	%
0,0209	mm	2,92	%
0,0151	mm	2,59	%
0,0112	mm	2,26	%
0,0081	mm	1,93	%
0,0058	mm	1,61	%
0,0042	mm	1,28	%
0,0030	mm	1,03	%
0,0022	mm	0,78	%
0,0015	mm	0,70	%
0,0013	mm	0,62	%

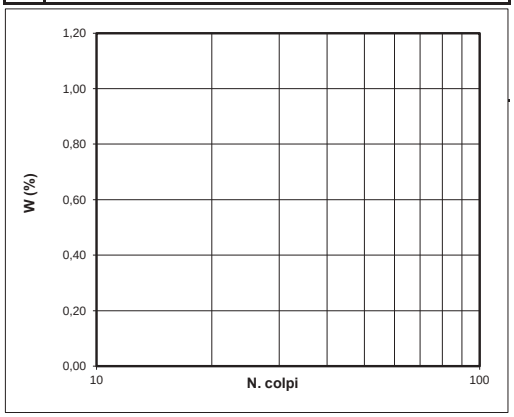
CLASSIFICAZIONE ASTM
SW SM SW-SC
AASHTO M 145-82
-

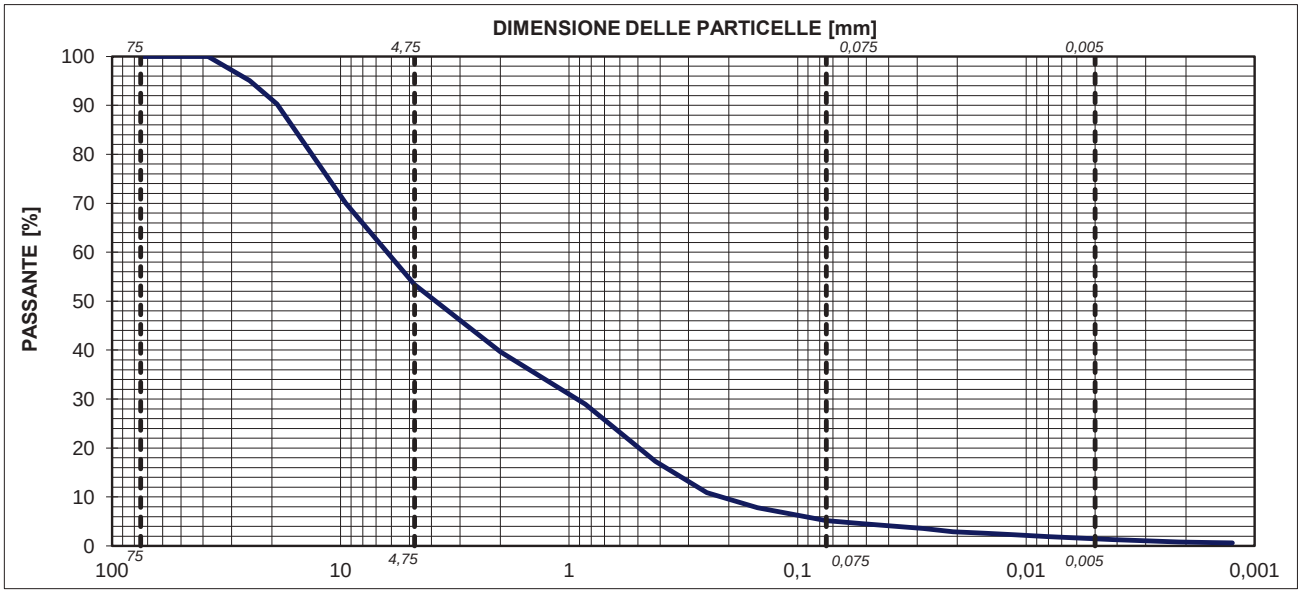
gs	-	*Mg/mc*	
CU		28,95	-
CC		0,63	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL					
LP					-
					-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1032**	**del 19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del 12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (*ASTM D2487-D422-D6913*) data inizio prova **12/09/2014** data fine prova **19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C2 IN CLASSE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	7,50-8,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			2657,1	*g*
Diametro massimo			46	*mm*
Diametro minimo			22	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	98,02	%
Passante	19,0	3/4	96,88	%
Passante	9,5	3/8	93,07	%
Passante	4,75	No. 4	89,21	%
Passante	2,0	No. 10	82,75	%
Passante	0,850	No. 20	75,56	%
Passante	0,425	No. 40	59,83	%
Passante	0,254	No. 60	33,56	%
Passante	0,150	No. 100	25,11	%
Passante	0,075	No. 200	19,50	%

Ghiaia g	(19-75)	3,12	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	7,67	%
Sabbia g	(2-4,75)	6,47	%
Sabbia m	(0,425-2)	22,91	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	40,34	%
Limo+argilla	(< 0,075)	19,50	%
Limo	(0,005-0,075)	10,39	%
Argilla	(< 0,005)	9,11	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0514	mm	18,06	%
0,0366	mm	17,75	%
0,0266	mm	16,52	%
0,0190	mm	15,90	%
0,0140	mm	14,05	%
0,0104	mm	12,81	%
0,0076	mm	10,96	%
0,0055	mm	9,42	%
0,0040	mm	8,49	%
0,0028	mm	7,88	%
0,0020	mm	6,64	%
0,0015	mm	6,02	%
0,0012	mm	5,41	%

CLASSIFICAZIONE ASTM
SM SC SC-SM

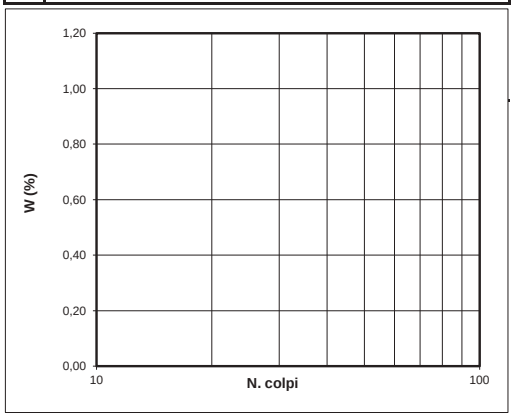
AASHTO M 145-82
-

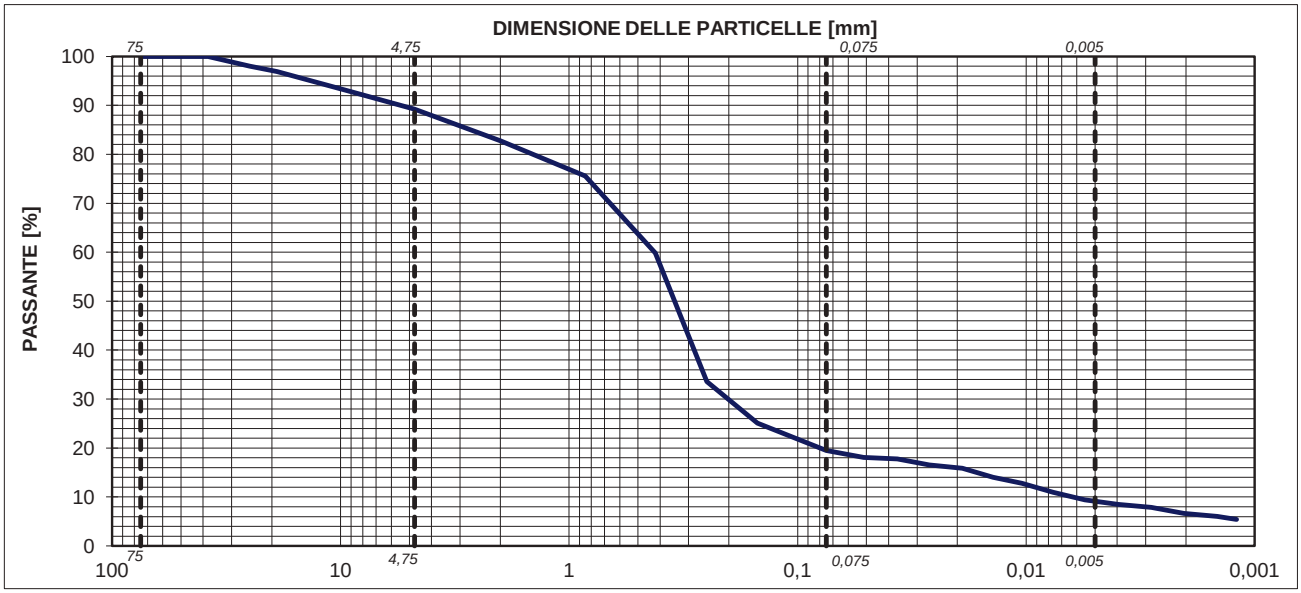
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL					
LP					-
					-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1033**	**del 19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del 12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**15/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**18/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C3 IN CLADDE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	13,00-13,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			1813,9	*g*
Diametro massimo			27	*mm*
Diametro minimo			11	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	99,35	%
Passante	9,5	3/8	93,08	%
Passante	4,75	No. 4	81,56	%
Passante	2,0	No. 10	67,04	%
Passante	0,850	No. 20	52,60	%
Passante	0,425	No. 40	42,21	%
Passante	0,254	No. 60	35,85	%
Passante	0,150	No. 100	30,65	%
Passante	0,075	No. 200	24,34	%

Ghiaia g	(19-75)	0,65	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	17,79	%
Sabbia g	(2-4,75)	14,52	%
Sabbia m	(0,425-2)	24,83	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	17,87	%
Limo+argilla	(< 0,075)	24,34	%
Limo	(0,005-0,075)	17,01	%
Argilla	(< 0,005)	7,33	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0524	mm	21,39	%
0,0385	mm	19,08	%
0,0279	mm	17,54	%
0,0204	mm	15,23	%
0,0148	mm	13,30	%
0,0111	mm	11,37	%
0,0080	mm	9,83	%
0,0058	mm	7,52	%
0,0041	mm	7,14	%
0,0030	mm	6,37	%
0,0021	mm	5,21	%
0,0015	mm	4,82	%
0,0012	mm	4,44	%

CLASSIFICAZIONE ASTM
SC

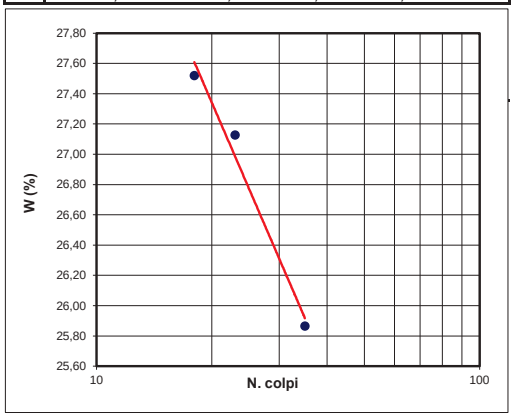
AASHTO M 145-82
-

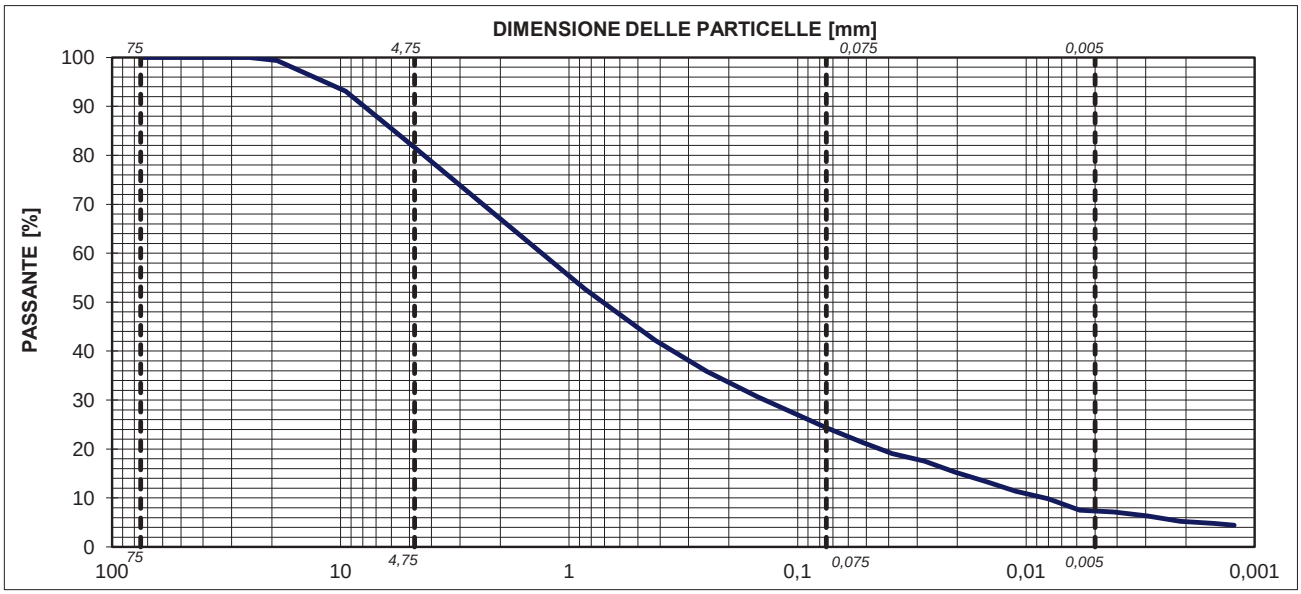
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	26	%
Limite Plastico	19	%
Indice di Plasticità	7	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL	23,14	47,56	42,29	27,52	18
	23,48	44,10	39,70	27,13	23
	23,16	46,08	41,37	25,86	35
LP	22,8	30,1	28,90	19,67	-
	22,95	30,59	29,37	19,00	-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1034**	**del 19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del 12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (*ASTM D2487-D422-D6913*) data inizio prova **12/09/2014** data fine prova **19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C4 IN CLASSE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	18,00-18,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			2481,5	*g*
Diametro massimo			32	*mm*
Diametro minimo			16	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	97,11	%
Passante	9,5	3/8	84,75	%
Passante	4,75	No. 4	70,18	%
Passante	2,0	No. 10	56,44	%
Passante	0,850	No. 20	45,81	%
Passante	0,425	No. 40	36,52	%
Passante	0,254	No. 60	29,30	%
Passante	0,150	No. 100	22,91	%
Passante	0,075	No. 200	17,24	%

Ghiaia g	(19-75)	2,89	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	26,93	%
Sabbia g	(2-4,75)	13,74	%
Sabbia m	(0,425-2)	19,91	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	19,28	%
Limo+argilla	(< 0,075)	17,24	%
Limo	(0,005-0,075)	12,18	%
Argilla	(< 0,005)	5,06	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0531	mm	14,60	%
0,0380	mm	14,06	%
0,0279	mm	12,42	%
0,0204	mm	10,78	%
0,0149	mm	9,15	%
0,0111	mm	8,06	%
0,0080	mm	6,96	%
0,0058	mm	5,33	%
0,0042	mm	4,78	%
0,0030	mm	3,69	%
0,0021	mm	3,14	%
0,0015	mm	2,87	%
0,0012	mm	2,60	%

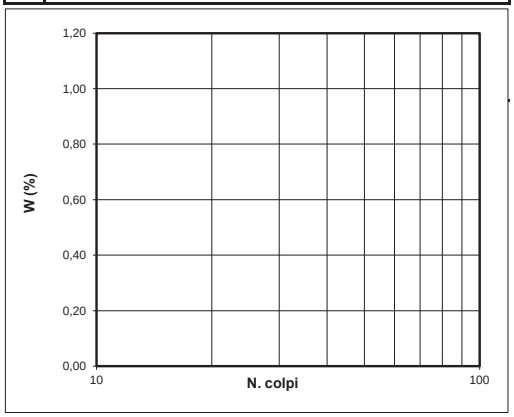
CLASSIFICAZIONE ASTM
SM SC SC-SM
AASHTO M 145-82
-

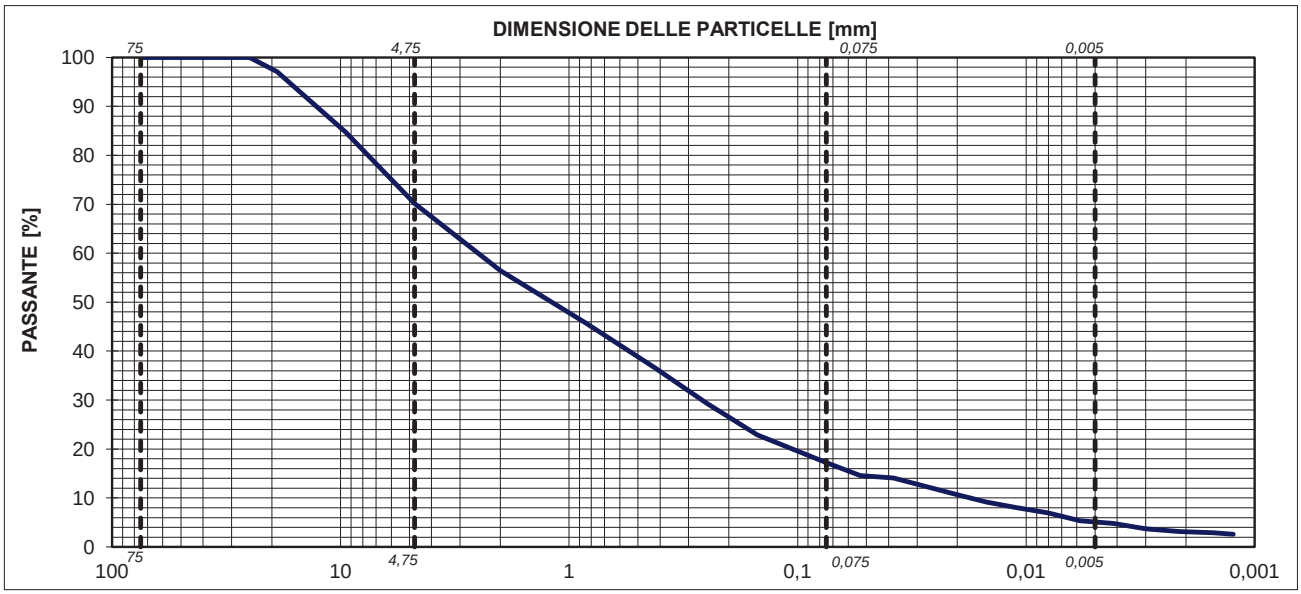
gs	-	*Mg/mc*	
CU		-	-
CC		-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL					
LP					-
					-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1035**	**del 19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del 12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**15/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**18/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C5 IN CLADDE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	21,30-21,60 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			582,98	*g*
Diametro massimo			16	*mm*
Diametro minimo			4	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	100,00	%
Passante	4,75	No. 4	98,51	%
Passante	2,0	No. 10	98,11	%
Passante	0,850	No. 20	97,83	%
Passante	0,425	No. 40	97,21	%
Passante	0,254	No. 60	94,87	%
Passante	0,150	No. 100	89,83	%
Passante	0,075	No. 200	83,12	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	1,49	%
Sabbia g	(2-4,75)	0,40	%
Sabbia m	(0,425-2)	0,90	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	14,10	%
Limo+argilla	(< 0,075)	83,12	%
Limo	(0,005-0,075)	58,73	%
Argilla	(< 0,005)	24,38	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0517	mm	75,67	%
0,0385	mm	65,15	%
0,0286	mm	54,62	%
0,0206	mm	49,36	%
0,0149	mm	44,10	%
0,0111	mm	38,84	%
0,0081	mm	30,95	%
0,0058	mm	25,68	%
0,0042	mm	23,05	%
0,0030	mm	20,42	%
0,0021	mm	16,47	%
0,0015	mm	13,84	%
0,0012	mm	12,53	%

CLASSIFICAZIONE ASTM
CL o OL

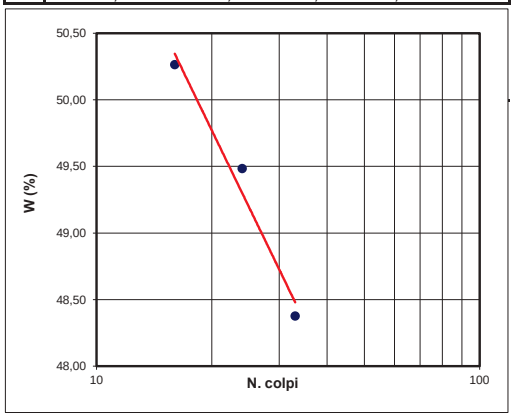
AASHTO M 145-82
-

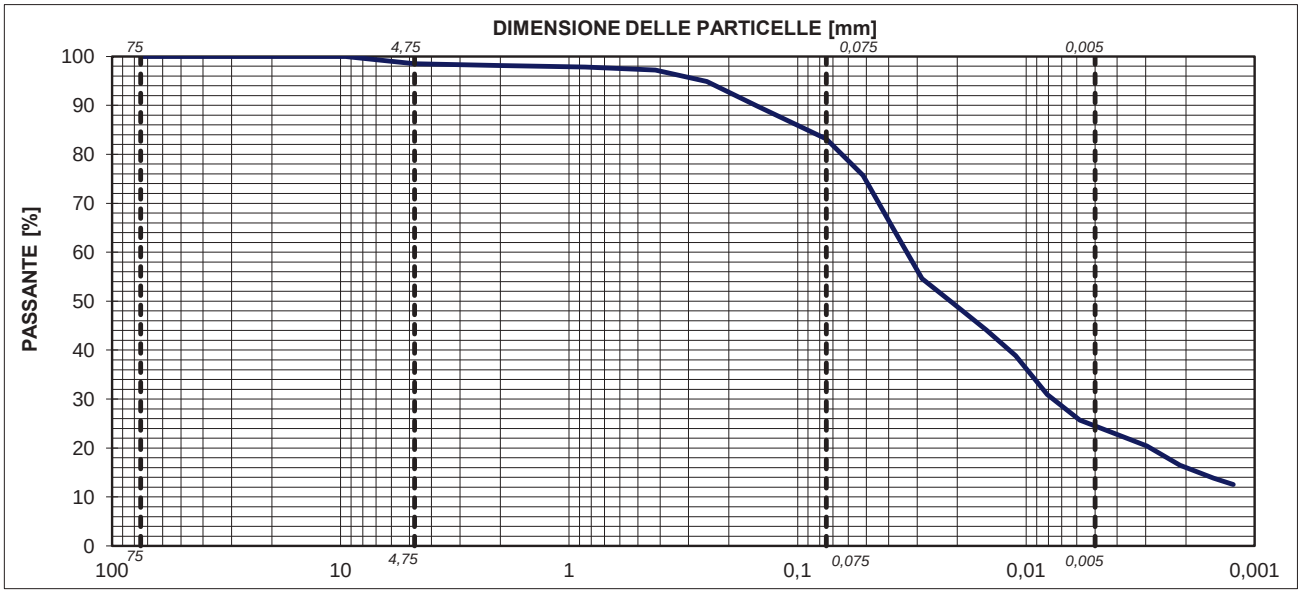
gs	-	*Mg/mc*	
CU		-	-
CC		-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	49	%
Limite Plastico	13	%
Indice di Plasticità	36	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL	22,98	57,18	45,74	50,26	16
	22,62	57,36	45,86	49,48	24
	23,20	55,19	44,76	48,38	33
LP	23,28	30,38	28,95	25,22	-
	23,07	29,53	29,37	2,54	-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**del**	**Accettazione**	**1712**	**del**	**12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**15/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**18/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C6 IN CLADDE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	27,30-27,60 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			1316,1	*g*
Diametro massimo			12	*mm*
Diametro minimo			8	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	100,00	%
Passante	4,75	No. 4	98,97	%
Passante	2,0	No. 10	97,78	%
Passante	0,850	No. 20	96,34	%
Passante	0,425	No. 40	87,23	%
Passante	0,254	No. 60	70,94	%
Passante	0,150	No. 100	43,22	%
Passante	0,075	No. 200	31,55	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	1,03	%
Sabbia g	(2-4,75)	1,19	%
Sabbia m	(0,425-2)	10,55	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	55,68	%
Limo+argilla	(< 0,075)	31,55	%
Limo	(0,005-0,075)	20,70	%
Argilla	(< 0,005)	10,85	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0517	mm	28,73	%
0,0381	mm	25,73	%
0,0276	mm	23,73	%
0,0202	mm	20,74	%
0,0148	mm	17,74	%
0,0110	mm	15,74	%
0,0079	mm	13,75	%
0,0057	mm	11,75	%
0,0041	mm	9,75	%
0,0030	mm	7,75	%
0,0021	mm	6,75	%
0,0015	mm	5,76	%
0,0012	mm	5,26	%

CLASSIFICAZIONE ASTM
SC - SM

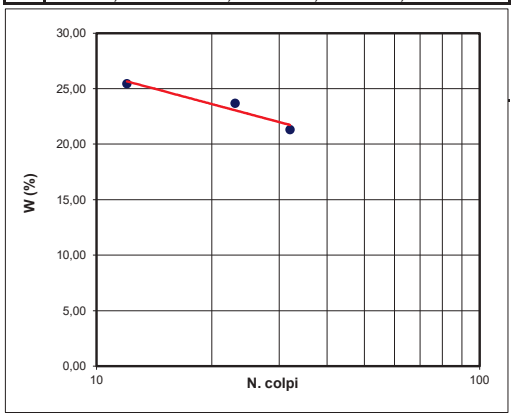
AASHTO M 145-82
-

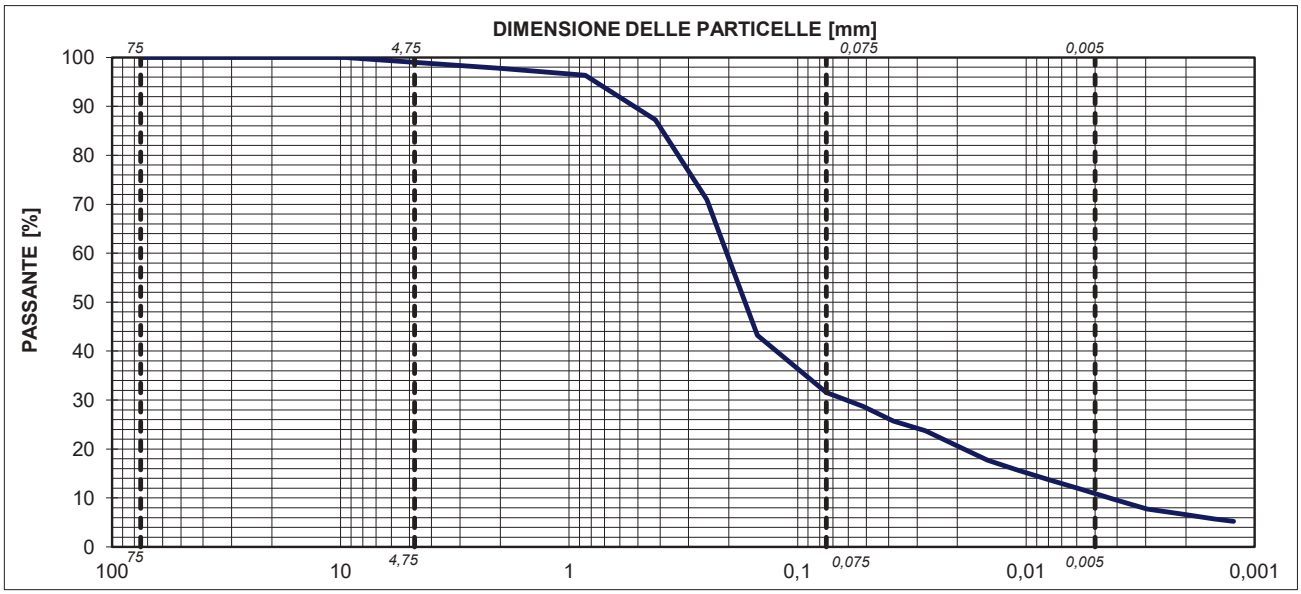
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	22	%
Limite Plastico	17	%
Indice di Plasticità	5	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL	22,94	49,66	44,24	25,45	12
	23,46	44,82	40,73	23,68	23
	22,98	57,82	51,70	21,31	32
LP	22,56	30,68	29,48	17,34	-
	22,85	32,53	31,07	17,76	-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1037**	**del 19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del 12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (*ASTM D2487-D422-D6913*) data inizio prova **12/09/2014** data fine prova **19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C7 IN CLASSE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	33,50-34,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			2050,5	*g*
Diametro massimo			0	*mm*
Diametro minimo			0	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	100,00	%
Passante	4,75	No. 4	100,00	%
Passante	2,0	No. 10	99,96	%
Passante	0,850	No. 20	99,91	%
Passante	0,425	No. 40	95,52	%
Passante	0,254	No. 60	31,33	%
Passante	0,150	No. 100	13,30	%
Passante	0,075	No. 200	8,19	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	0,00	%
Sabbia g	(2-4,75)	0,04	%
Sabbia m	(0,425-2)	4,44	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	87,33	%
Limo+argilla	(< 0,075)	8,19	%
Limo	(0,005-0,075)	6,05	%
Argilla	(< 0,005)	2,14	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0517	mm	7,46	%
0,0376	mm	6,94	%
0,0276	mm	6,16	%
0,0202	mm	5,38	%
0,0149	mm	4,34	%
0,0112	mm	3,57	%
0,0081	mm	3,05	%
0,0059	mm	2,27	%
0,0042	mm	2,01	%
0,0030	mm	1,49	%
0,0022	mm	0,98	%
0,0015	mm	0,85	%
0,0013	mm	0,72	%

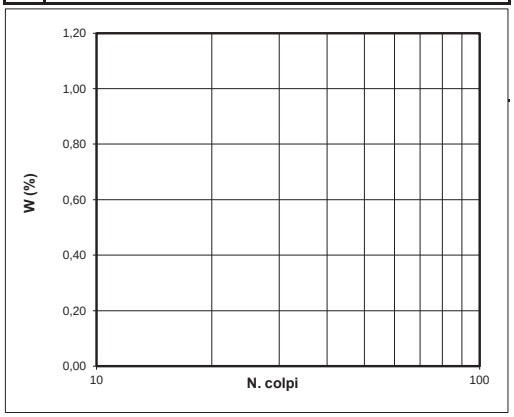
CLASSIFICAZIONE ASTM
SP - SM SP -SC
AASHTO M 145-82
-

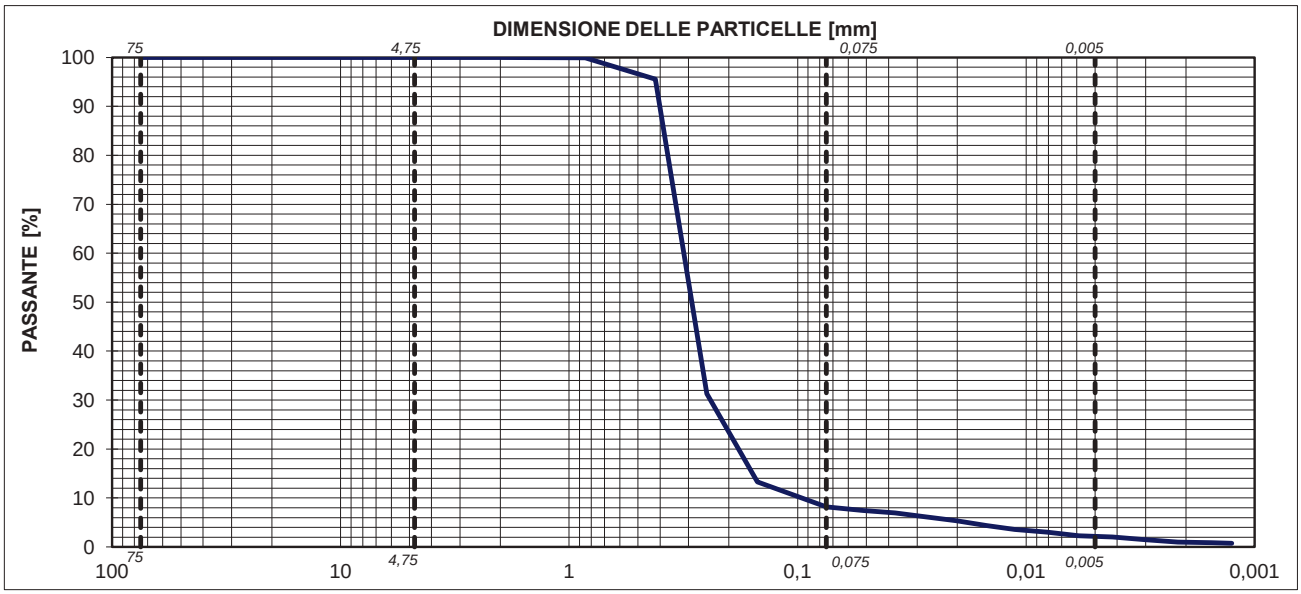
gs	-	*Mg/mc*
CU	3,50	-
CC	1,80	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL					
LP					-
					-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

SoilData
SERVICES S.R.L.

ALLEGATO 7

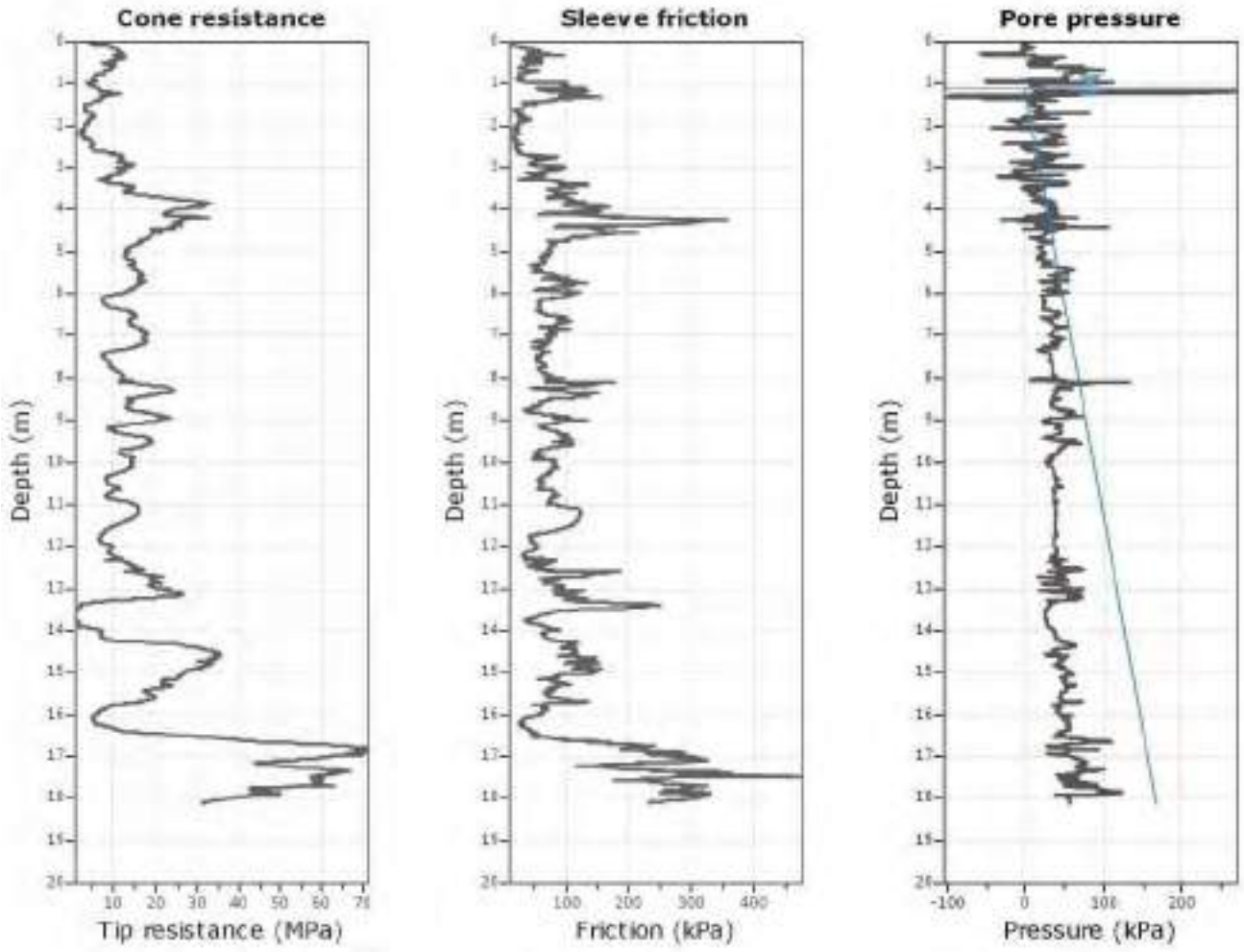
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

– INTERPRETAZIONE GEOTECNICA –

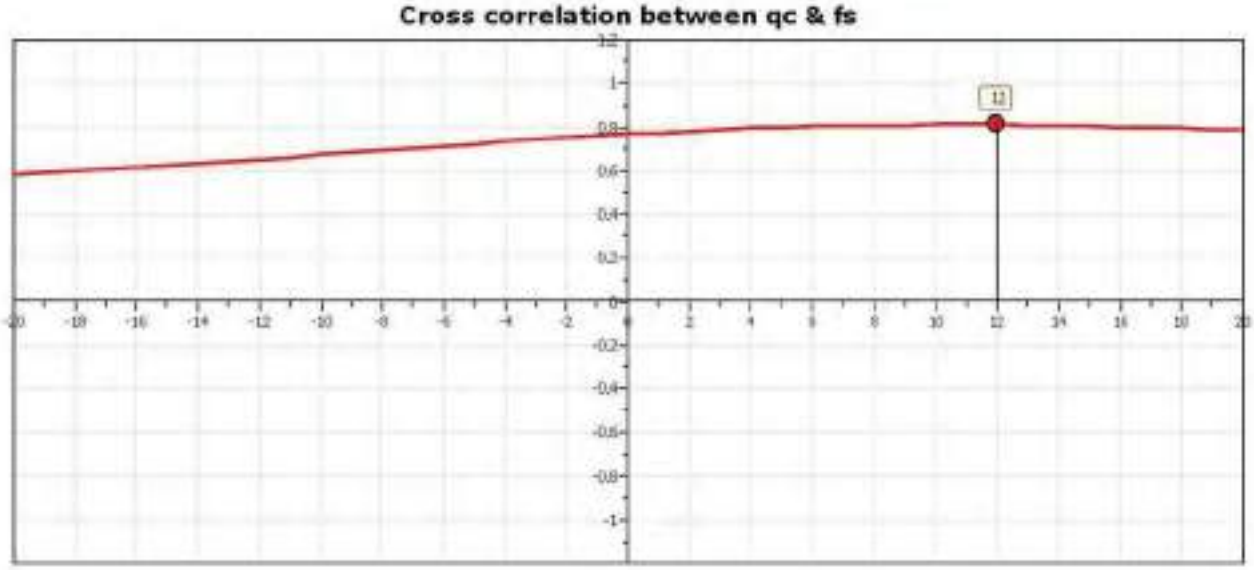
CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.** Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)** Surface Elevation: 0.00 m



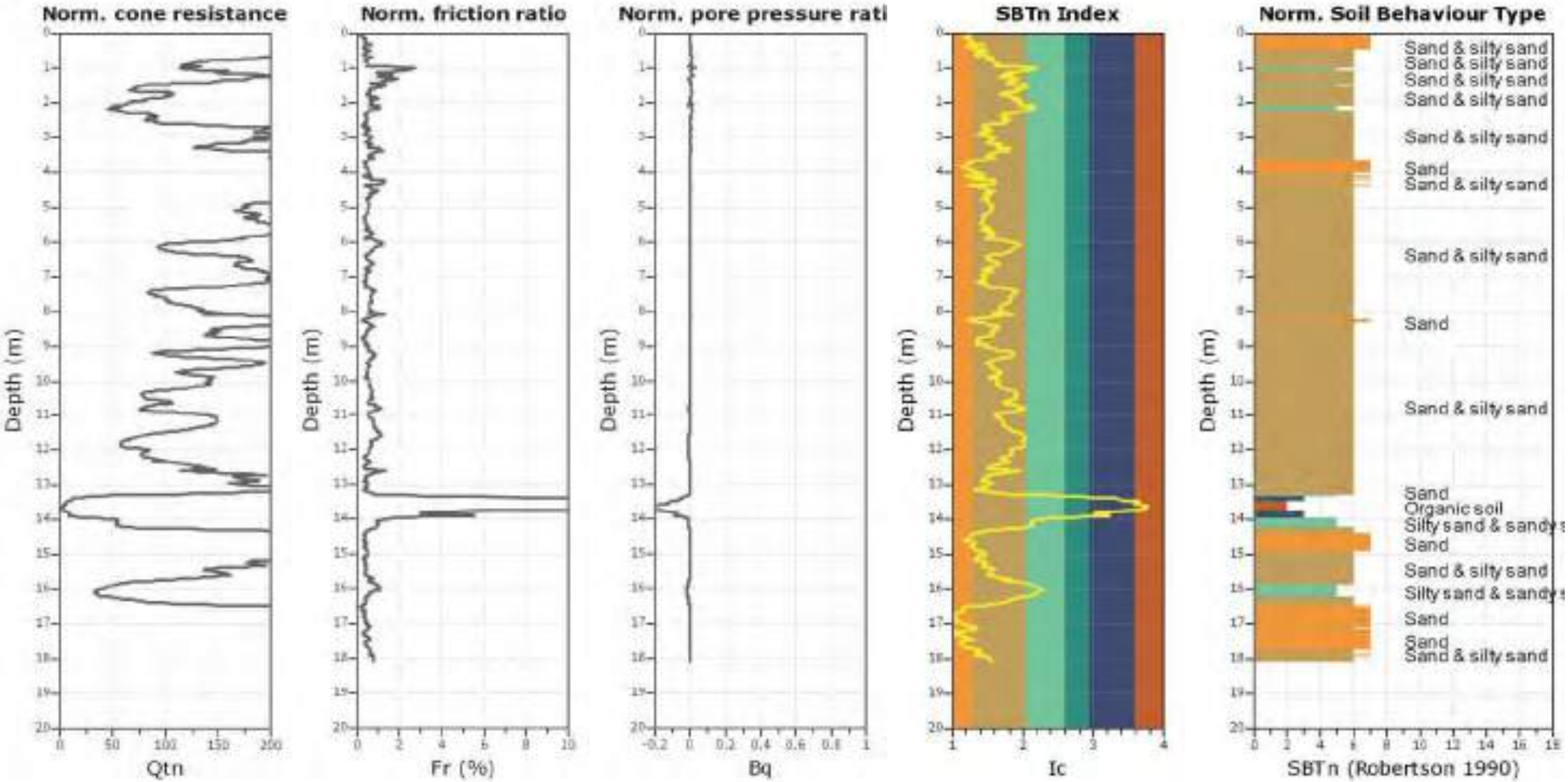
The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

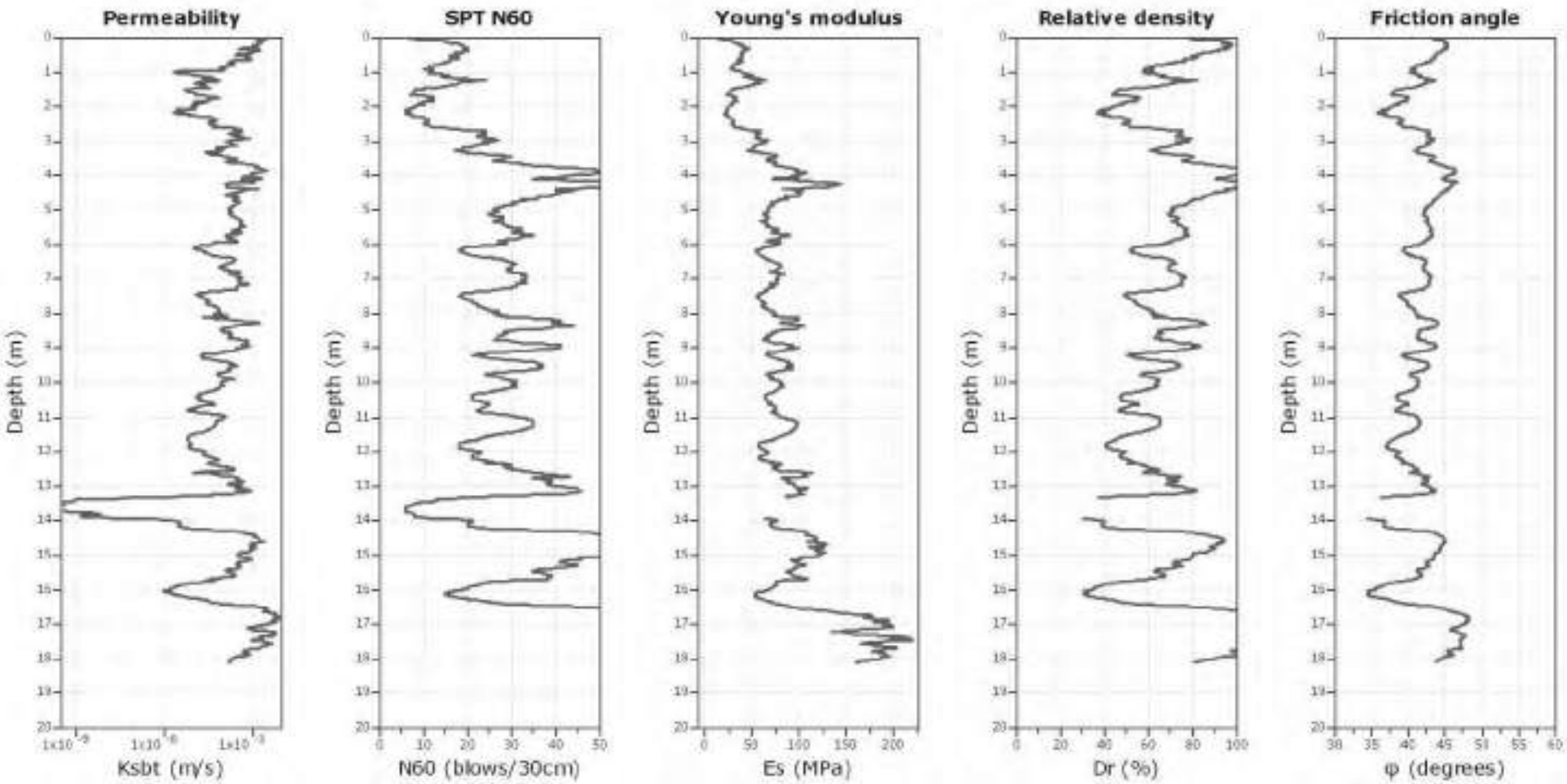
Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

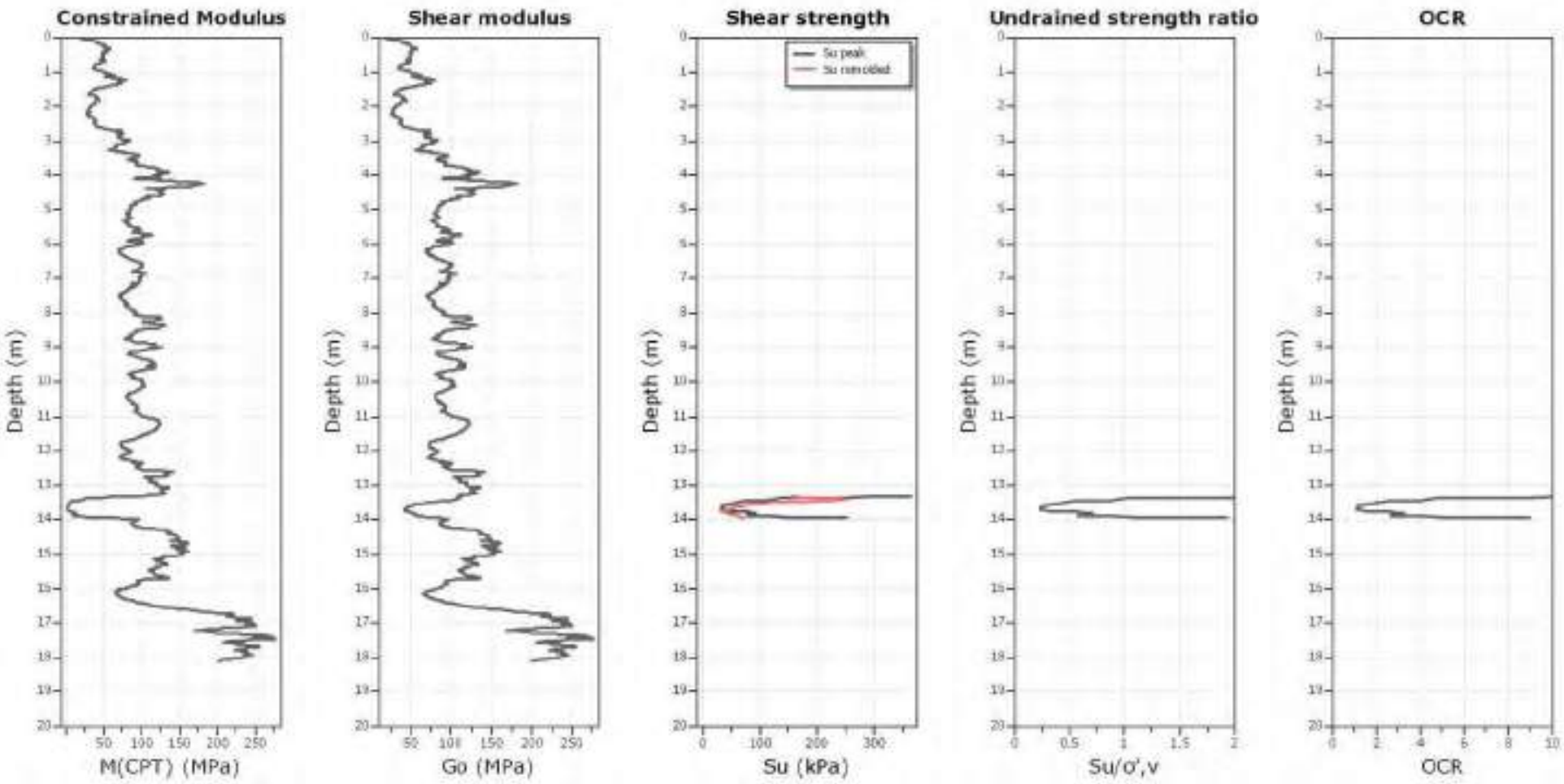
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60}: Based on I_c and q_c
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative desnisty constant, C_{Dr}: 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
User defined estimation data

CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)
Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt}: 14

OCR factor for clays, N_{kc}: 0.33
User defined estimation data

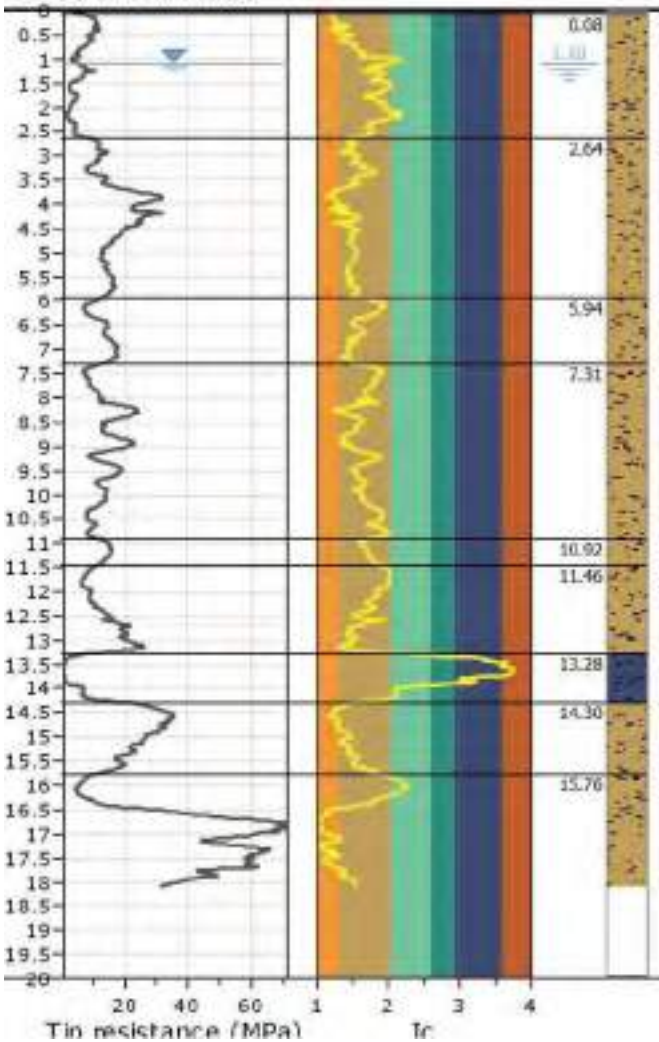
CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



Depth (m)	Description	qt (MPa)	Ksbt (m/s)	N60	Es (MPa)	Dr	Phi (°)	M (MPa)	Go (MPa)	Su (kPa)	Su ratio	OCR	Gamma (kN/m³)
0.08	Sand & silty sand	6.1	2.96E-4	12.8	35.0	62.6	40.7	43.9	43.9	-	-	-	17.7
2.64	Sand & silty sand	17.0	4.56E-4	32.0	76.6	80.1	43.4	96.0	96.0	-	-	-	19.2
5.94	Sand & silty sand	13.5	1.95E-4	27.6	71.1	67.2	41.7	89.1	89.1	-	-	-	18.9
7.31	Sand & silty sand	13.3	1.60E-4	28.2	75.2	62.0	40.9	94.2	94.2	-	-	-	18.9
10.92	Sand & silty sand	14.7	5.92E-5	32.9	91.6	62.5	41.1	114.9	114.9	-	-	-	19.4
11.46	Sand & silty sand	13.8	1.37E-4	29.8	80.6	57.7	40.1	101.1	101.1	-	-	-	18.8
13.28	Clay	4.3	5.37E-6	14.7	76.8	-	-	45.2	79.3	91.1	0.7	3.2	18.4
14.30	Sand & silty sand	25.7	6.51E-4	46.8	107.2	77.7	43.1	134.4	134.4	-	-	-	19.5
15.76	Sand & silty sand	39.3	1.83E-3	65.3	141.2	80.2	43.5	176.6	177.0	-	-	-	19.9

Summary table of mean values

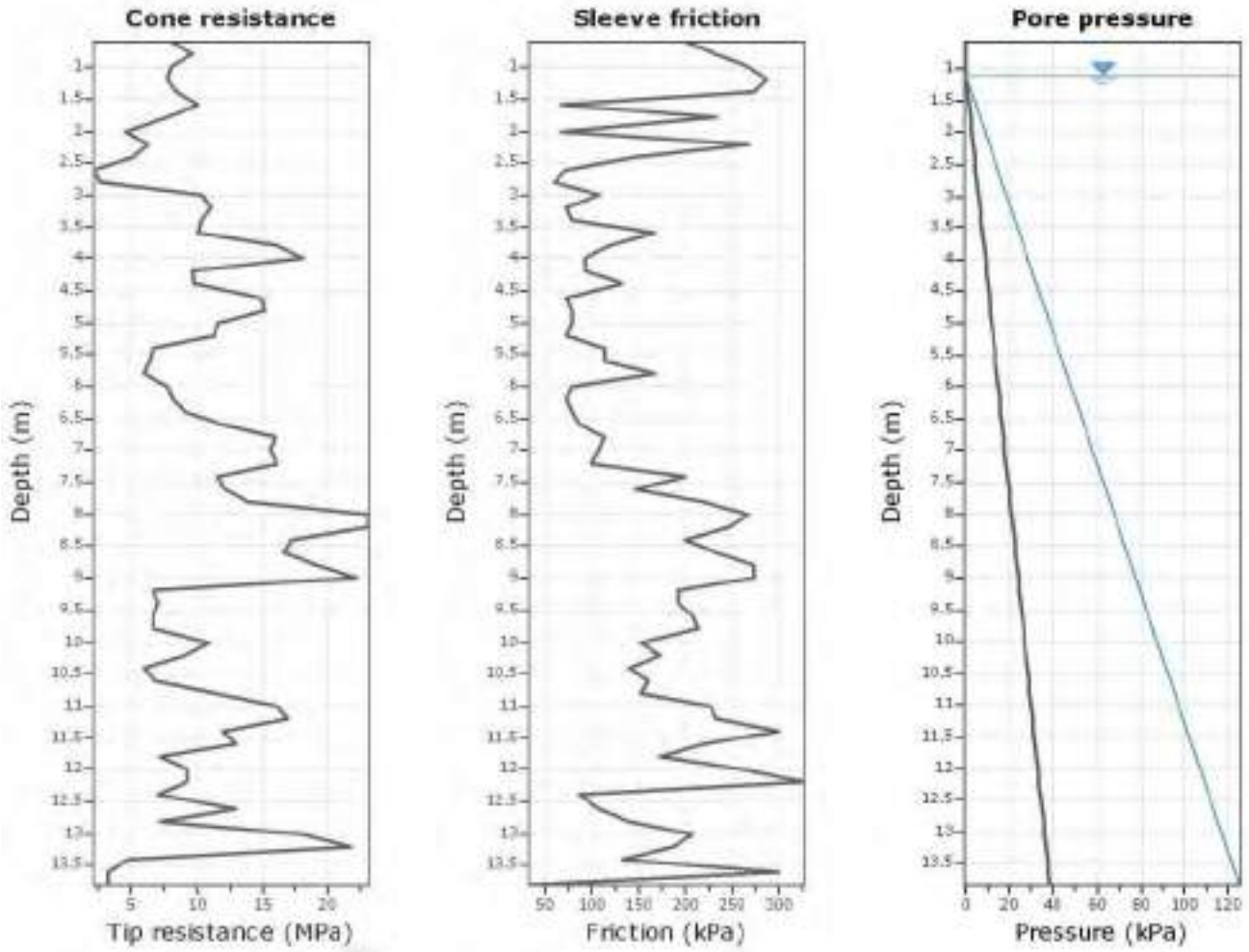
From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT_{N60} (blows/30cm)	E_s (MPa)	D_r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G_0 (MPa)	Undrained strength, S_u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.08	2.56	2.96E-04	12.8	35.0	62.6	40.7	43.9	43.9	0.0	0.0	0.0	17.7
2.64		(±5.56E-04)	(±4.2)	(±9.3)	(±17.5)	(±2.6)	(±11.6)	(±11.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.8)
2.64	3.30	4.56E-04	32.0	76.6	80.1	43.4	96.0	96.0	0.0	0.0	0.0	19.2
5.94		(±5.52E-04)	(±9.4)	(±20.2)	(±11.1)	(±1.4)	(±25.3)	(±25.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.6)
5.94	1.37	1.95E-04	27.6	71.1	67.2	41.7	89.1	89.1	0.0	0.0	0.0	18.9
7.31		(±1.58E-04)	(±4.9)	(±8.2)	(±8.0)	(±1.2)	(±10.2)	(±10.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
7.31	3.61	1.60E-04	28.2	75.2	62.0	40.9	94.2	94.2	0.0	0.0	0.0	18.9
10.92		(±2.53E-04)	(±6.4)	(±11.4)	(±10.4)	(±1.6)	(±14.3)	(±14.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.4)
10.92	0.54	5.92E-05	32.9	91.6	62.5	41.1	114.9	114.9	0.0	0.0	0.0	19.4
11.46		(±2.74E-05)	(±2.1)	(±6.7)	(±2.9)	(±0.5)	(±8.4)	(±8.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.2)
11.46	1.82	1.37E-04	29.8	80.6	57.7	40.1	101.1	101.1	0.0	0.0	0.0	18.8
13.28		(±1.86E-04)	(±8.8)	(±16.6)	(±12.3)	(±2.0)	(±20.9)	(±20.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.6)
13.28	1.02	5.37E-06	14.7	76.8	0.0	0.0	45.2	79.3	91.1	0.7	3.2	18.4
14.30		(±1.91E-05)	(±8.5)	(±18.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±42.9)	(±25.2)	(±72.0)	(±0.6)	(±2.6)	(±0.8)
14.30	1.46	6.51E-04	46.8	107.2	77.7	43.1	134.4	134.4	0.0	0.0	0.0	19.5
15.76		(±5.34E-04)	(±8.2)	(±12.4)	(±11.4)	(±1.5)	(±15.6)	(±15.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.4)
15.76	2.34	1.83E-03	65.3	141.2	80.2	43.5	176.6	177.0	0.0	0.0	0.0	19.9
18.10		(±2.07E-03)	(±31.6)	(±54.6)	(±27.2)	(±4.7)	(±69.1)	(±68.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.3)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

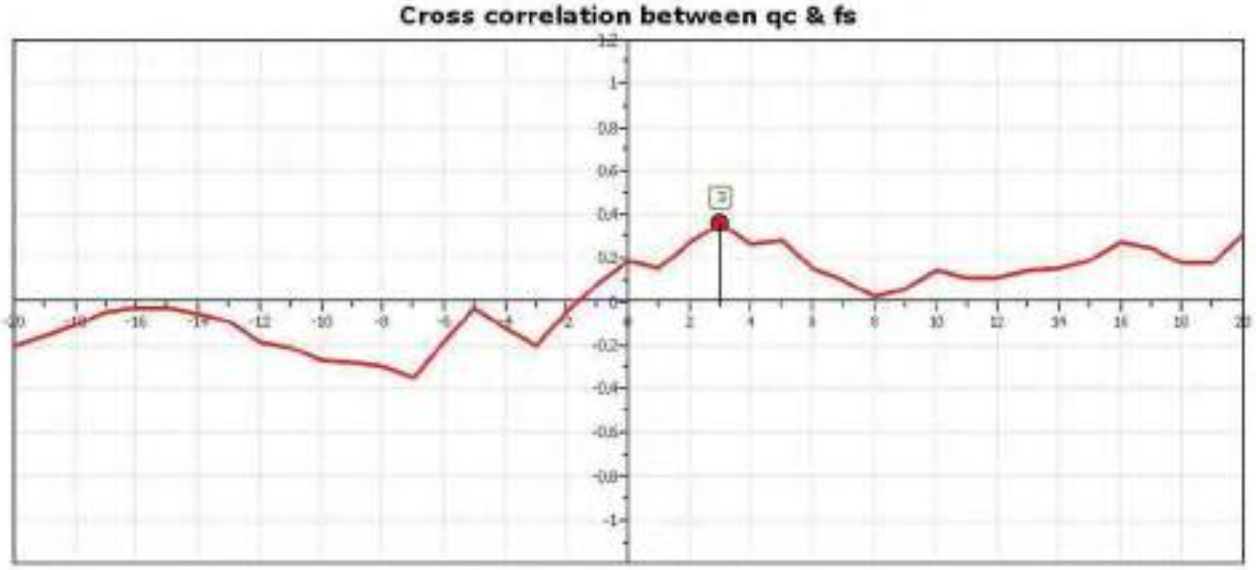
CPT: CPT-02

Project: **Appenine Energy S.p.A.** Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)** Surface Elevation: 0.00 m



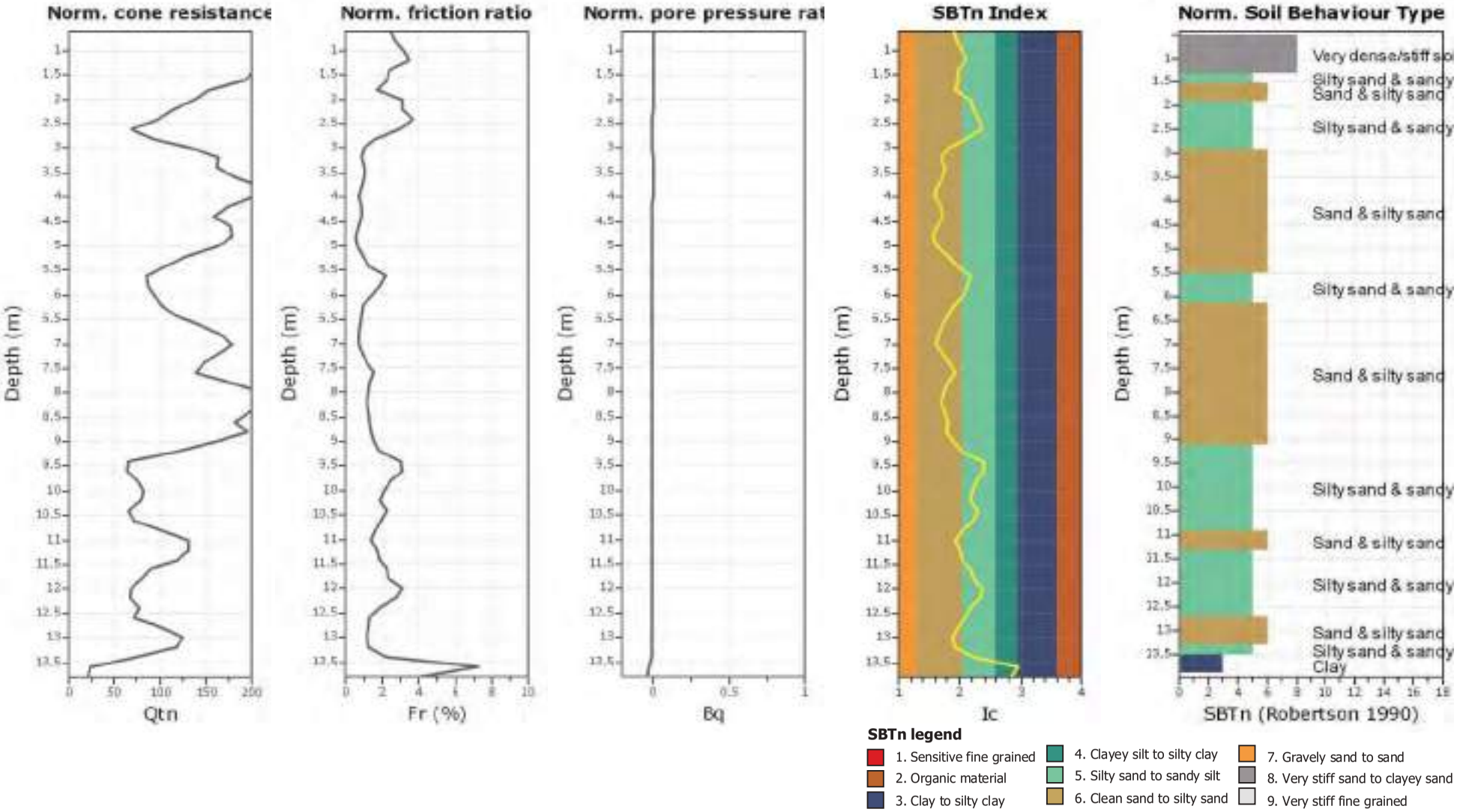
The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



CPT: CPT-02

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

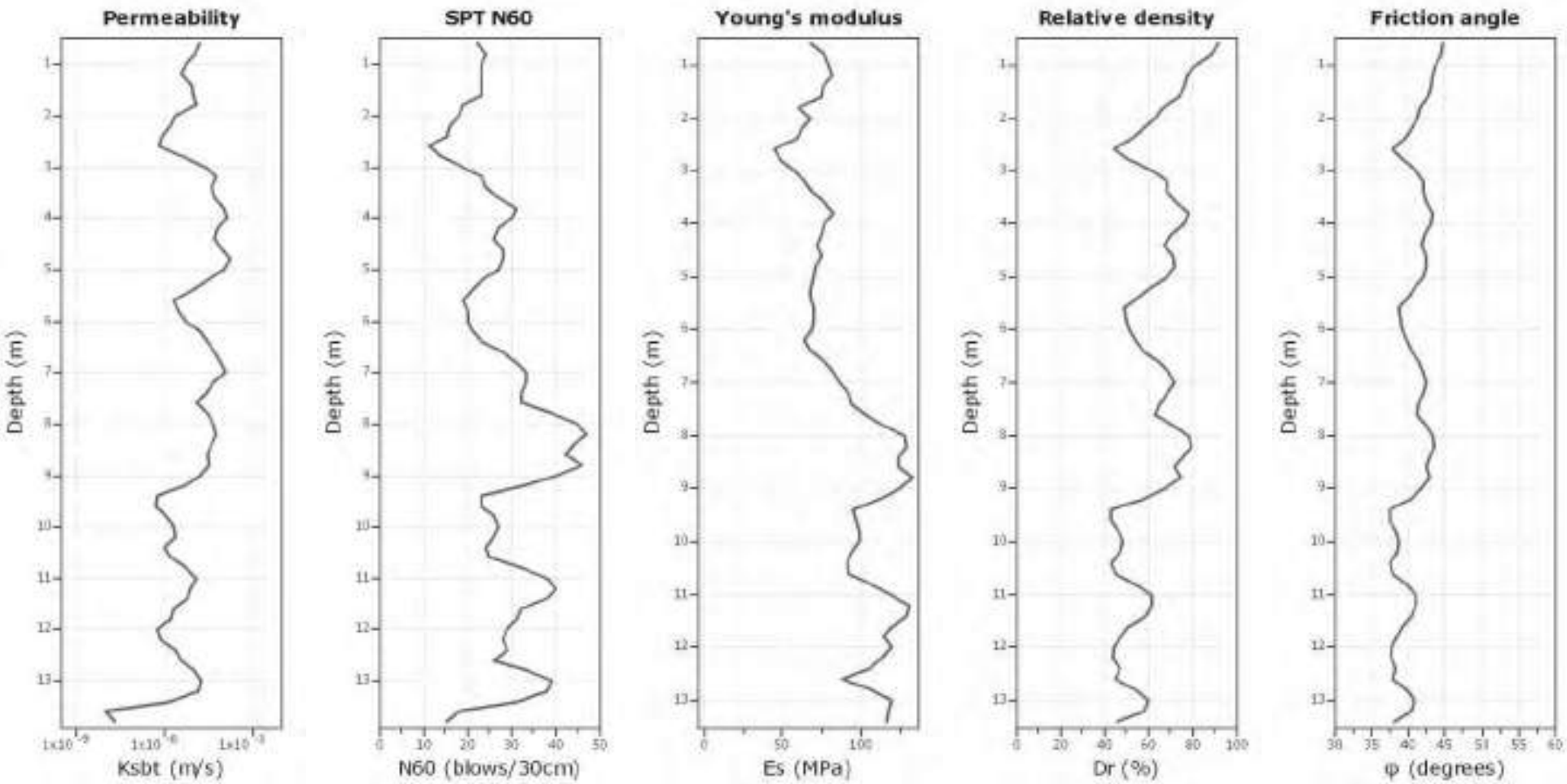
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014
Surface Elevation: 0.00 m



CPT: CPT-02

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60}: Based on I_c and q_c
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative desnisty constant, C_{Dr}: 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
User defined estimation data

Summary table of mean values

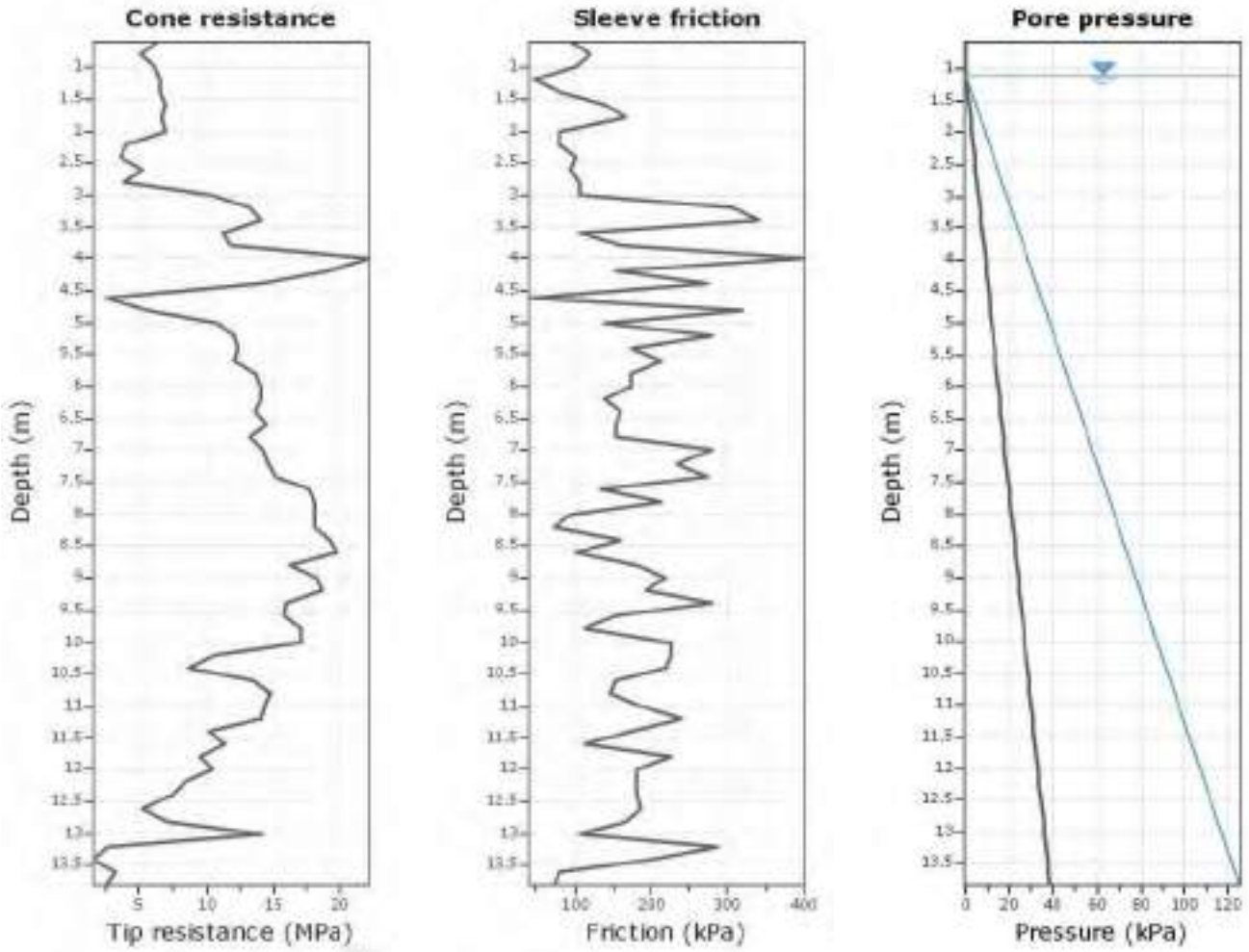
From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT_{N60} (blows/30cm)	E_s (MPa)	D_r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G_0 (MPa)	Undrained strength, S_u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.60	2.40	7.76E-06	19.2	66.1	68.0	41.7	80.5	82.8	0.0	0.0	0.0	19.6
3.00		(±7.06E-06)	(±4.2)	(±11.8)	(±14.8)	(±2.1)	(±17.7)	(±14.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.6)
3.00	3.80	5.75E-05	24.8	71.4	64.1	41.2	89.5	89.5	0.0	0.0	0.0	19.2
6.80		(±4.70E-05)	(±4.0)	(±6.2)	(±8.8)	(±1.4)	(±7.8)	(±7.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.2)
6.80	2.20	4.50E-05	38.7	111.8	71.2	42.3	140.1	140.1	0.0	0.0	0.0	20.1
9.00		(±3.06E-05)	(±6.2)	(±18.5)	(±5.0)	(±0.7)	(±23.2)	(±23.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.4)
9.00	4.60	4.80E-06	30.4	109.6	50.8	39.0	126.2	137.0	0.0	0.0	0.0	19.9
13.60		(±5.23E-06)	(±6.1)	(±12.7)	(±7.4)	(±1.3)	(±27.1)	(±15.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

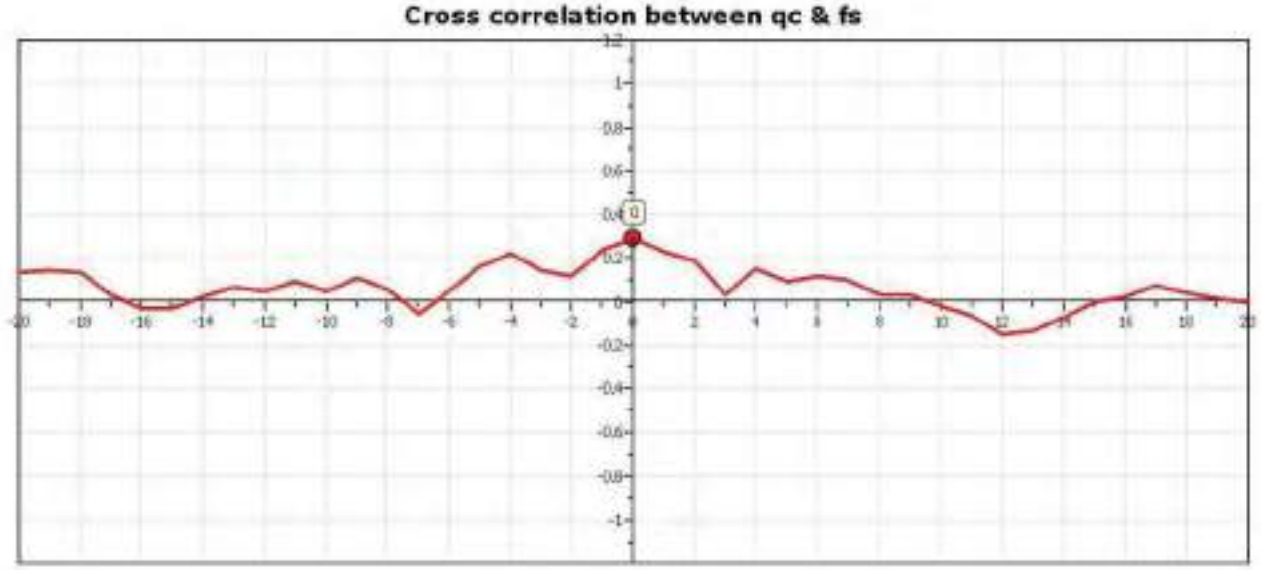
CPT: CPT-03

Project: **Appenine Energy S.p.A.** Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)** Surface Elevation: 0.00 m



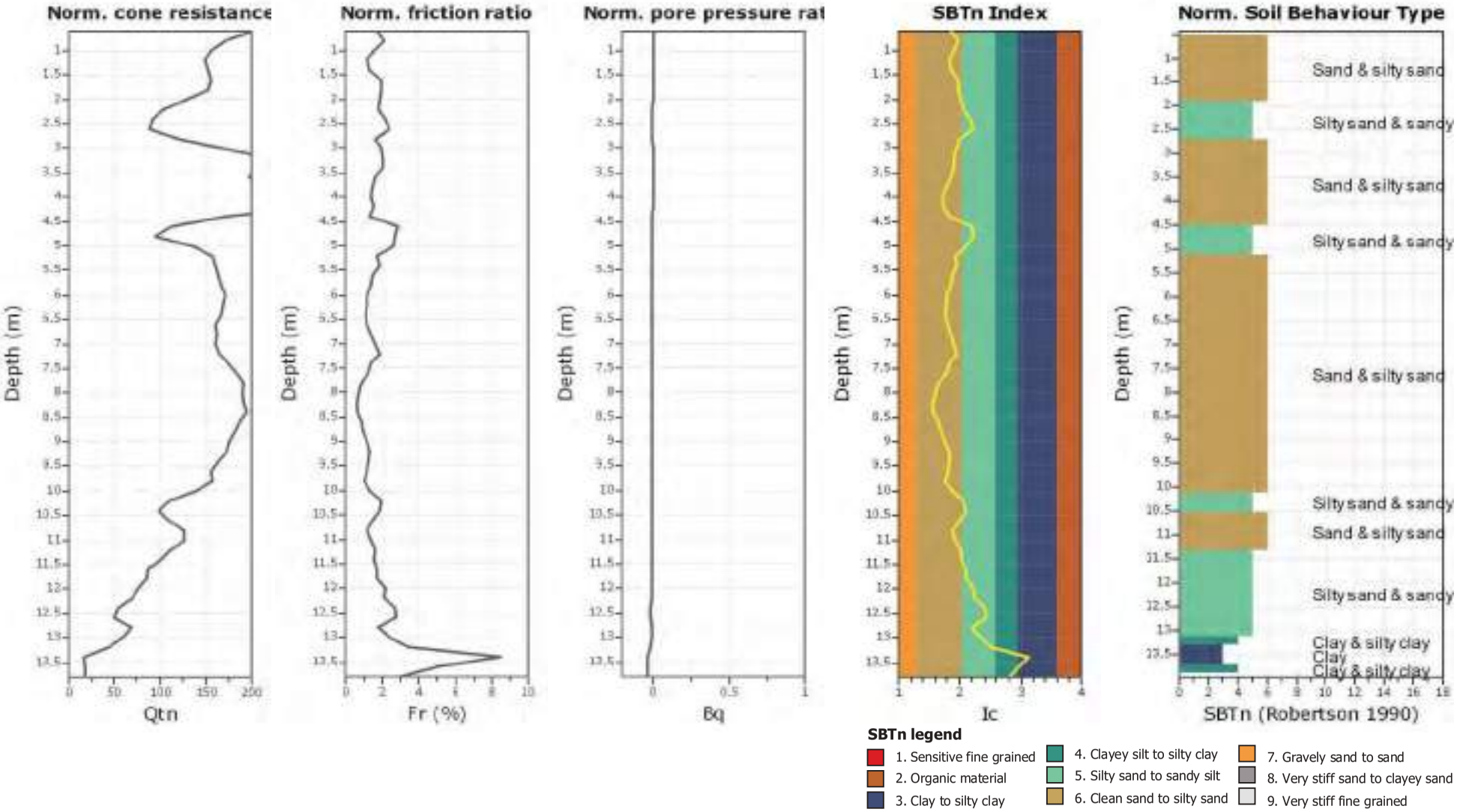
The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



CPT: CPT-03

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

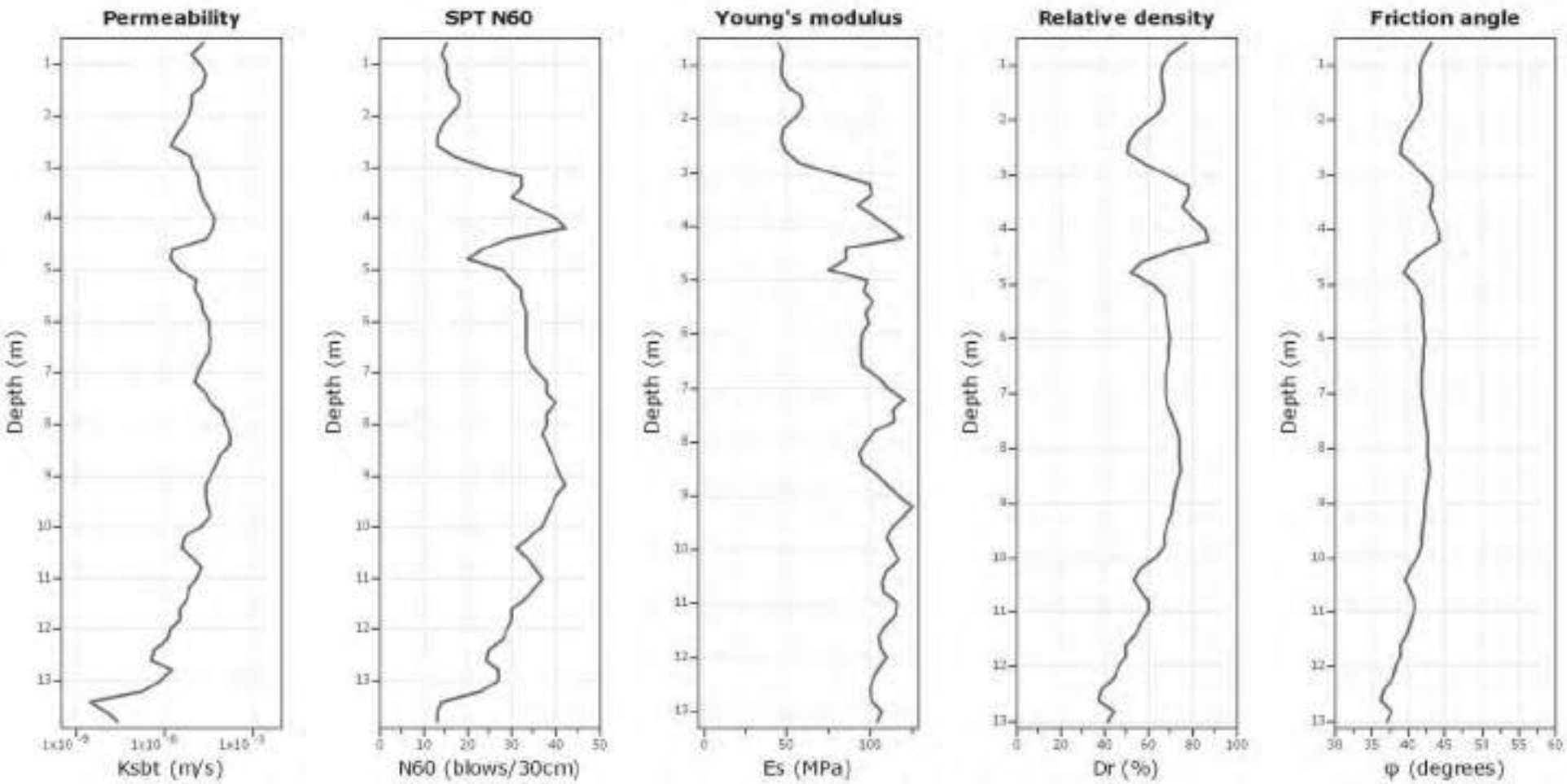
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014
Surface Elevation: 0.00 m



CPT: CPT-03

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60}: Based on I_c and q_c
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative desnisty constant, C_{Dr}: 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
User defined estimation data

Summary table of mean values

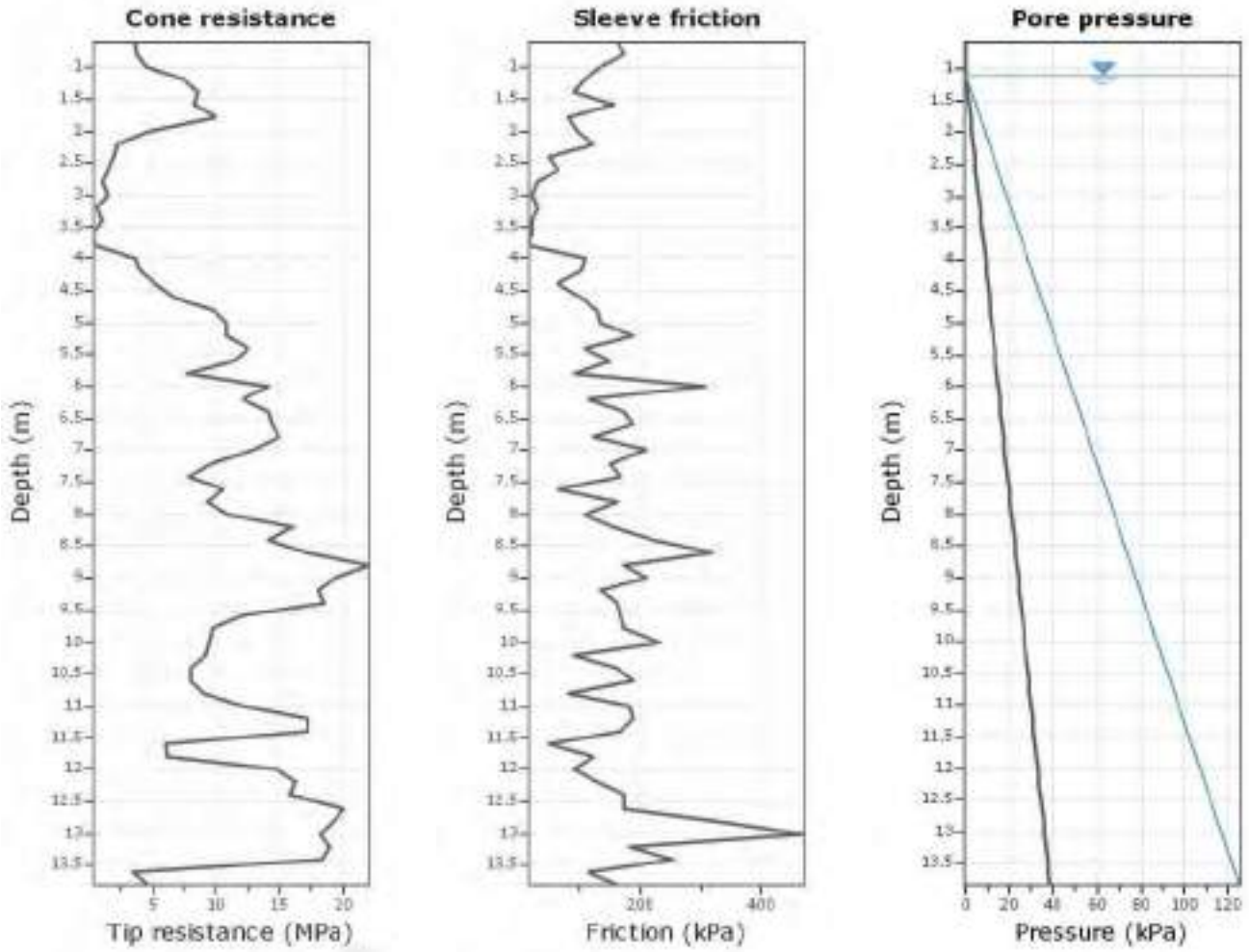
From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT_{N60} (blows/30cm)	E_s (MPa)	D_r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G_0 (MPa)	Undrained strength, S_u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.60	2.40	1.06E-05	16.0	52.9	63.0	41.1	66.0	66.3	0.0	0.0	0.0	19.0
3.00		(±6.98E-06)	(±2.9)	(±9.0)	(±7.7)	(±1.2)	(±11.5)	(±11.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
3.00	4.20	2.11E-05	31.9	98.3	70.2	42.1	122.9	123.2	0.0	0.0	0.0	20.1
7.20		(±1.38E-05)	(±5.1)	(±11.5)	(±8.2)	(±1.1)	(±15.1)	(±14.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
7.20	3.00	6.04E-05	38.6	110.8	69.6	42.1	138.8	138.8	0.0	0.0	0.0	20.0
10.20		(±5.58E-05)	(±1.9)	(±9.6)	(±4.9)	(±0.7)	(±12.0)	(±12.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
10.20	2.00	6.31E-06	32.3	110.1	53.1	39.5	136.0	138.1	0.0	0.0	0.0	19.9
12.20		(±4.97E-06)	(±2.9)	(±4.4)	(±5.2)	(±1.0)	(±8.1)	(±5.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.1)
12.20	1.00	7.92E-07	25.7	103.1	41.1	37.1	102.4	129.5	0.0	0.0	0.0	19.7
13.20		(±6.16E-07)	(±2.0)	(±3.1)	(±3.0)	(±0.7)	(±15.9)	(±3.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.1)
13.20	0.60	6.43E-08	16.7	104.7	0.0	0.0	49.3	109.7	251.5	1.8	8.3	19.3
13.80		(±1.01E-07)	(±5.5)	(±104.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±29.0)	(±20.0)	(±148.1)	(±1.1)	(±5.2)	(±0.4)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

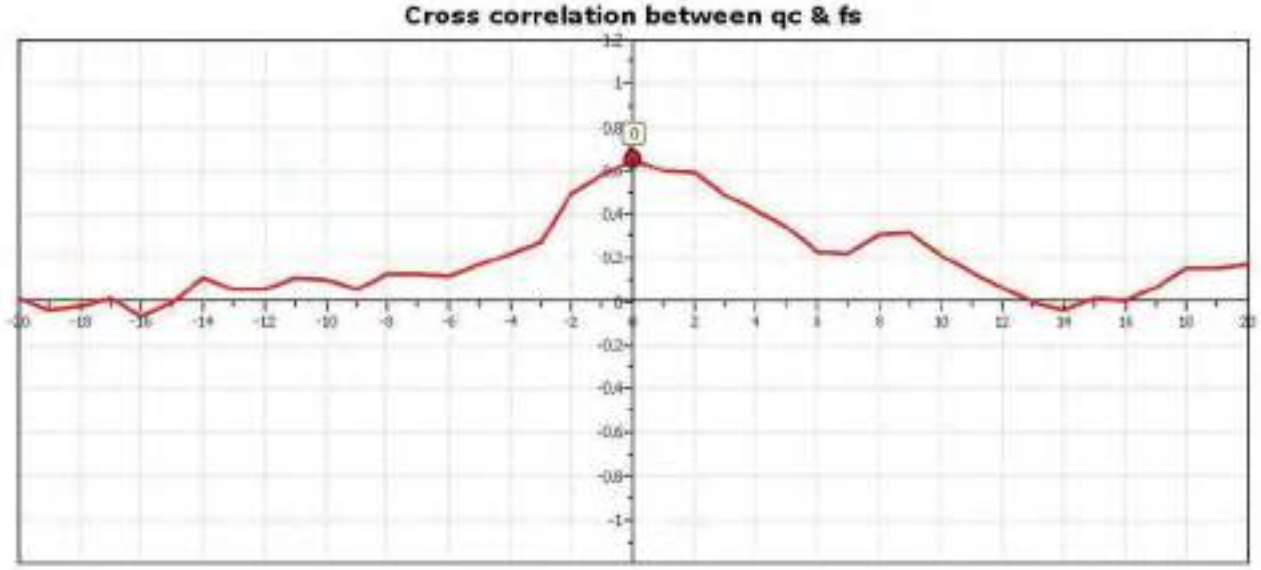
CPT: CPT-04

Project: **Appenine Energy S.p.A.** Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)** Surface Elevation: 0.00 m



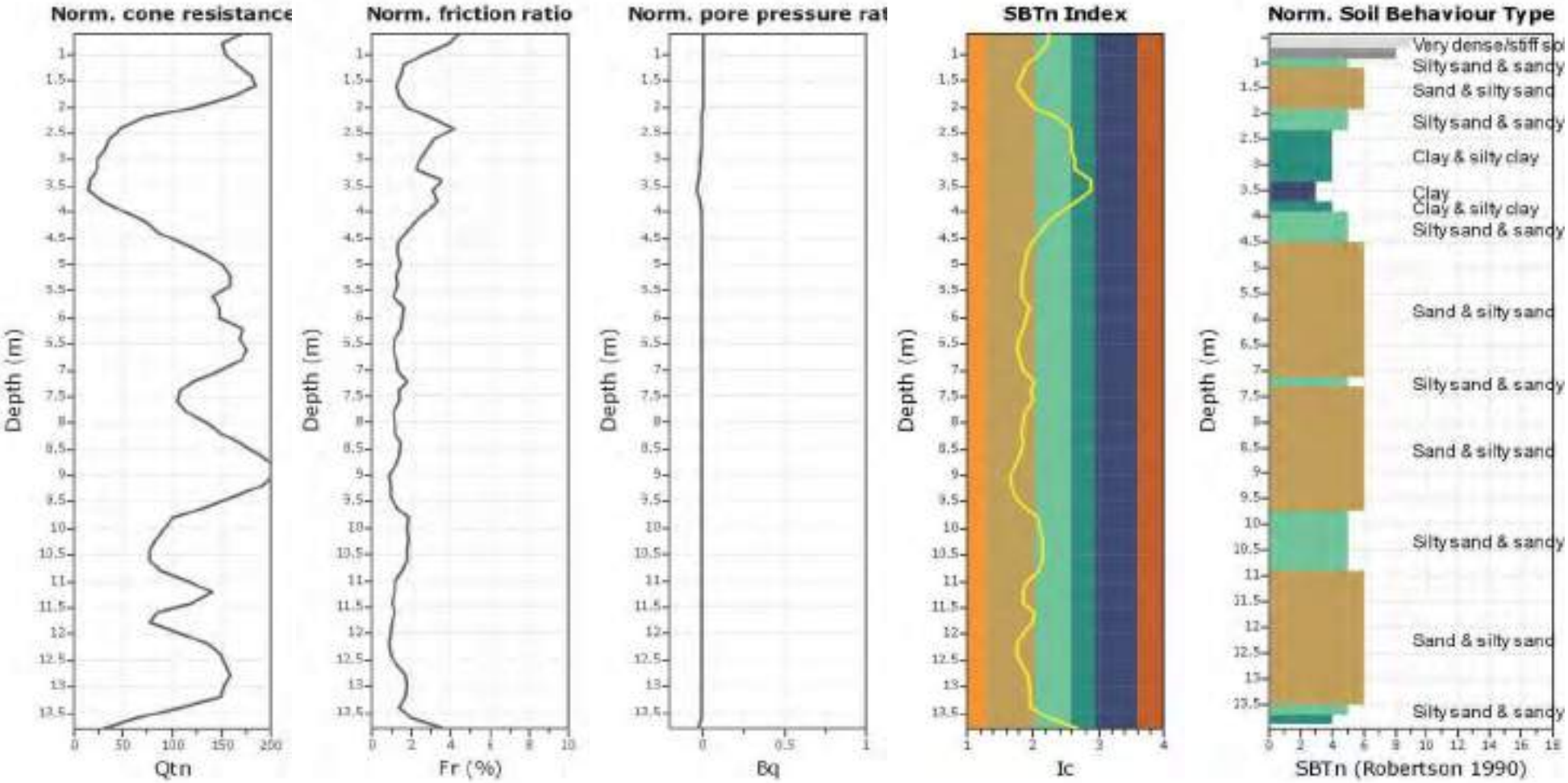
The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



CPT: CPT-04

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014
Surface Elevation: 0.00 m



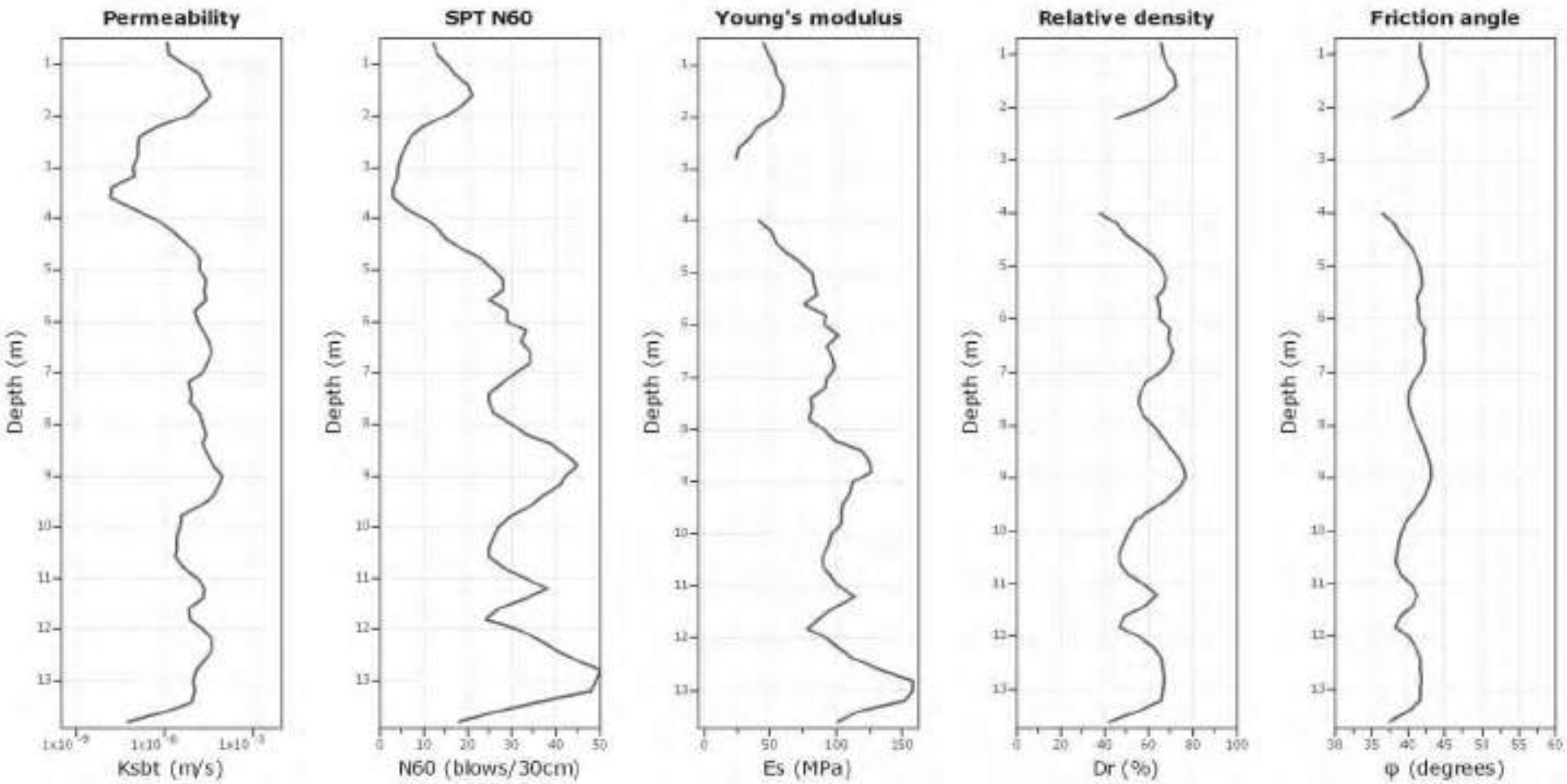
SBTn legend

1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to clayey sand
9. Very stiff fine grained

CPT: CPT-04

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014
Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60}: Based on I_c and q_c
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative desnisty constant, C_{Dr}: 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
User defined estimation data

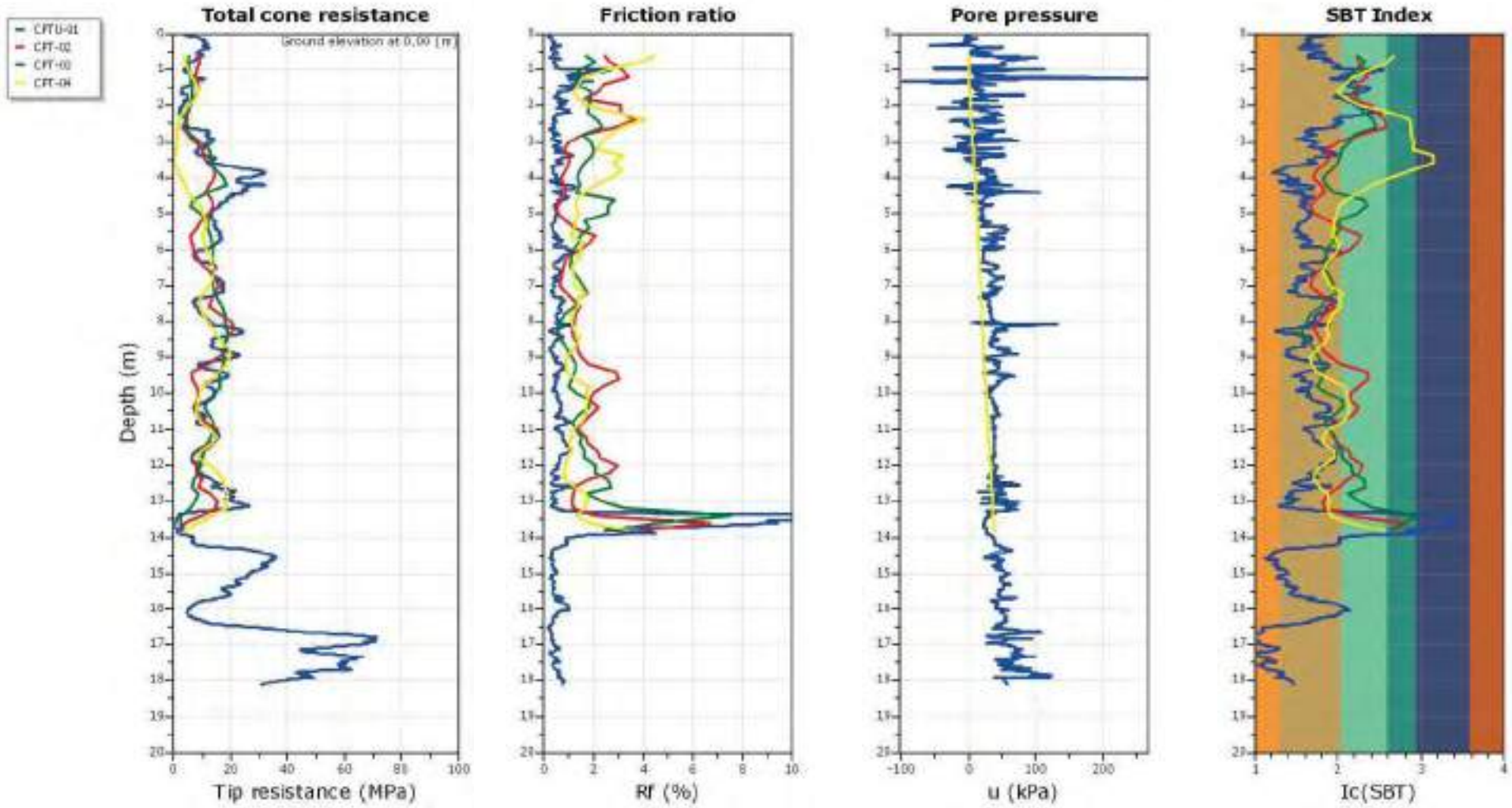
Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT_{N60} (blows/30cm)	E_s (MPa)	D_r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G_0 (MPa)	Undrained strength, S_u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.60	1.60	1.21E-05	15.8	53.2	64.4	41.3	63.3	65.6	0.0	0.0	0.0	19.1
2.20		(±1.26E-05)	(±3.8)	(±6.5)	(±9.1)	(±1.5)	(±11.8)	(±8.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
2.20	2.20	5.59E-07	7.2	28.4	0.0	0.0	27.6	39.2	81.2	1.9	8.9	17.5
4.40		(±1.03E-06)	(±4.0)	(±5.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±19.5)	(±16.1)	(±29.8)	(±0.8)	(±3.5)	(±0.9)
4.40	5.20	2.54E-05	30.9	92.7	65.1	41.4	116.1	116.1	0.0	0.0	0.0	19.7
9.60		(±1.97E-05)	(±7.2)	(±17.4)	(±6.7)	(±1.0)	(±21.9)	(±21.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.4)
9.60	4.00	1.31E-05	33.9	108.7	56.2	40.0	135.6	136.2	0.0	0.0	0.0	19.8
13.60		(±1.14E-05)	(±8.3)	(±22.9)	(±7.9)	(±1.4)	(±29.0)	(±28.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.5)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

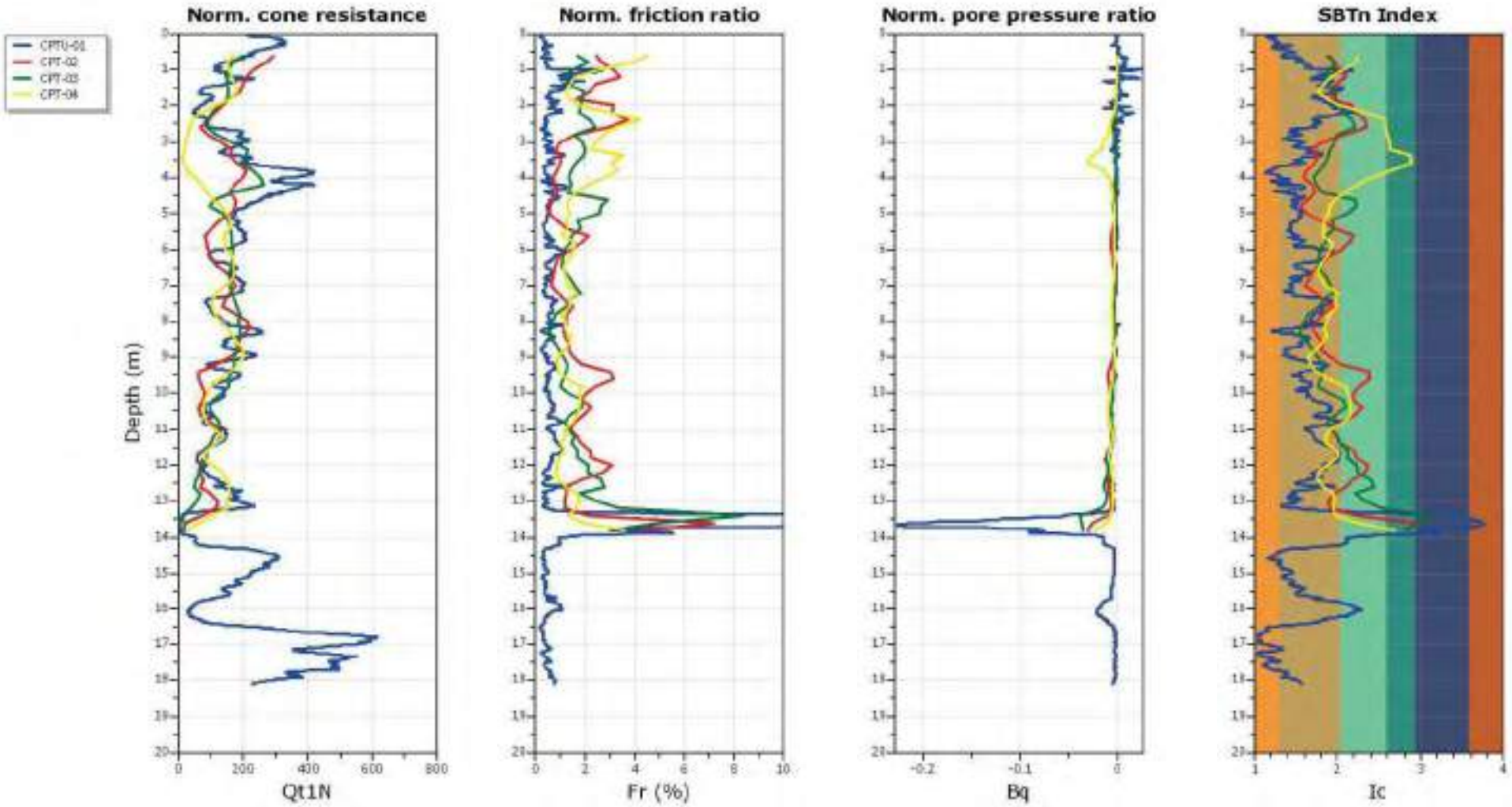
Project: Appenine Energy S.p.A.
Location: Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)

Overlay basic interpretation plots



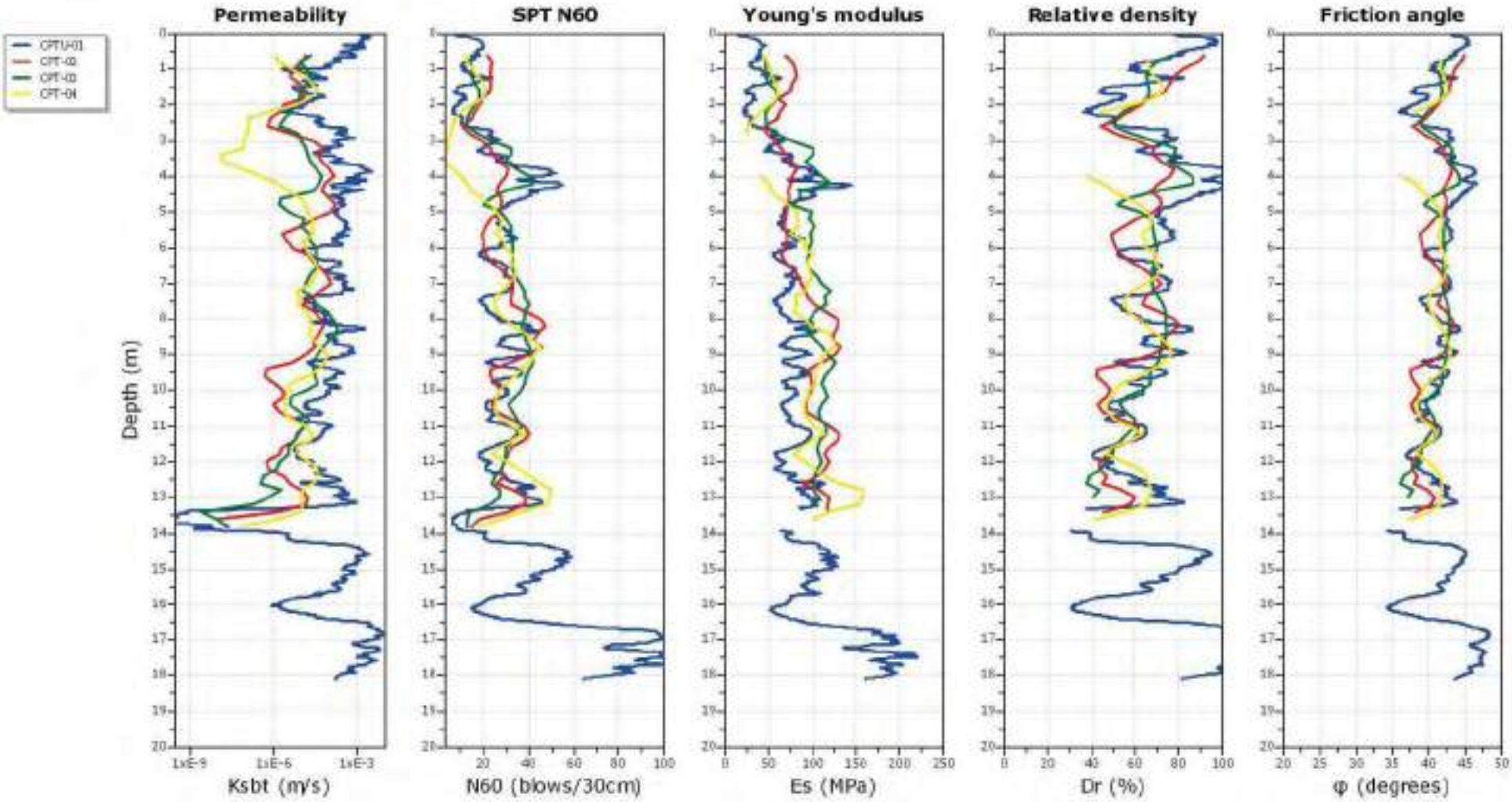
Project: Appenine Energy S.p.A.
Location: Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)

Normalized basic plots



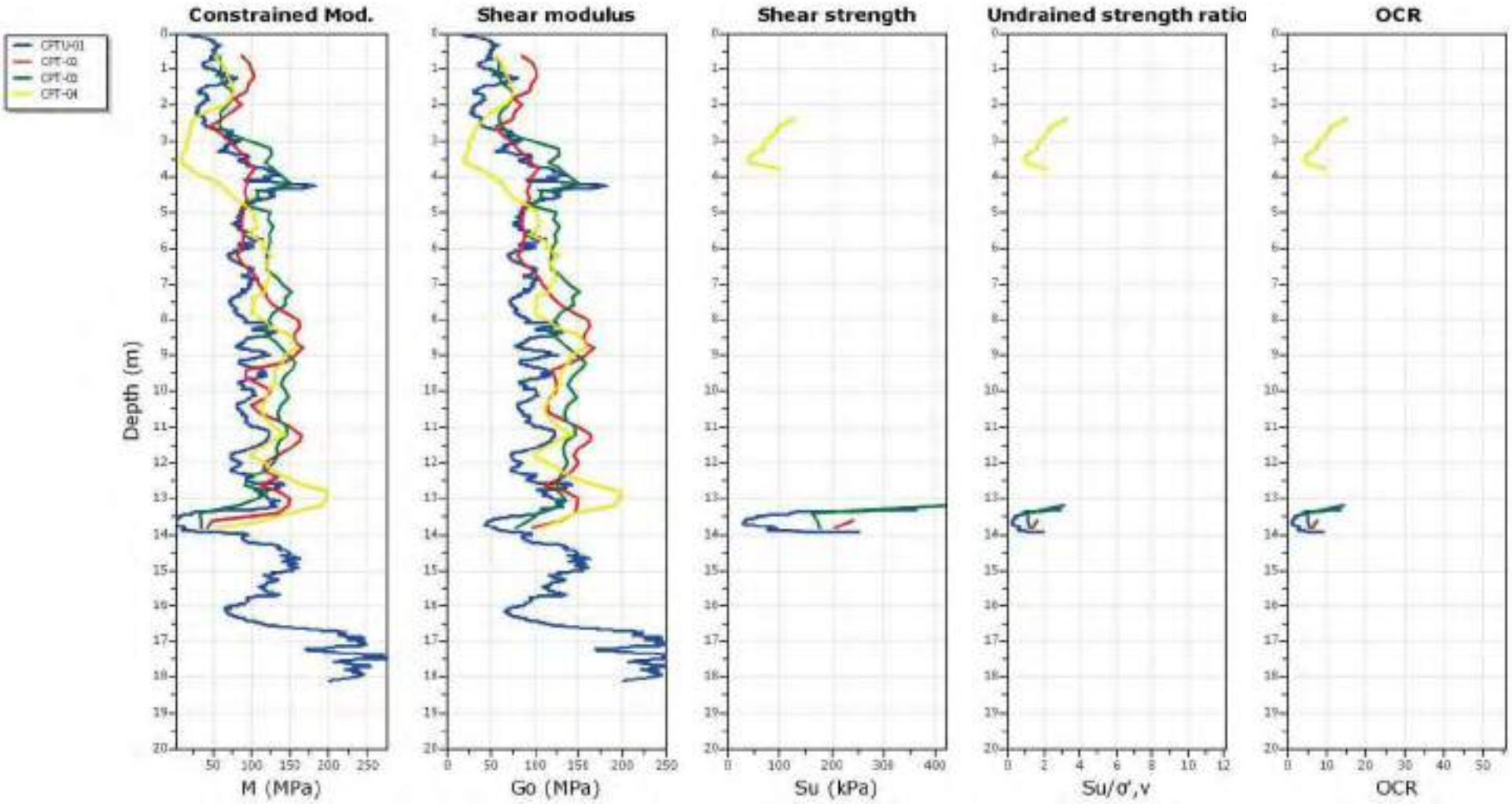
Project: Appenine Energy S.p.A.
Location: Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)

Overlay estimation plots (1)



Project: Appenine Energy S.p.A.
Location: Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)

Overlay estimation plots (2)



ALLEGATO 8

PROVE SPT

– INTERPRETAZIONE GEOTECNICA –

Interpretazione prove STP

Committente	*Appenine Energy S.p.A.*
Commessa	*Pozzo Moirago 1DIR*
Località	*Zibido San Giacomo (MI)*
Data	*30/09/14*

Sondaggio	Prof. [m]	γ_n [kN/m^3]	Prof. falda [m]	N_{SPT} [colpi/30 cm]	N_{SPT} [colpi/30 cm]	Tipo terreno	Categoria ASTM	σ'_{v0} [kPa]	N_1 [colpi/30 cm]	D_r [-]	ϕ' [m]	c_u [kPa]	E_{Norm} [Mpa]	Unità	a	b	V_s [m/s]	G_i [Mpa]	μ	E_i [Mpa]
S1	1,5	20,0	1,1	11	11	nc	SM	25	24	0,63	34	-	24,2		1,30	1,10	161	53	0,35	142
S1	3,0	20,0		16	16	nc	SM	40	27	0,67	34	-	27,9		1,30	1,10	197	79	0,35	214
S1	4,5	20,0		21	21	nc	SM	55	29	0,70	34	-	31,5		1,30	1,10	224	102	0,35	275
S1	6,0	20,0		26	26	nc	SM	70	32	0,73	35	-	35,2		1,30	1,10	246	123	0,35	332
S1	7,5	20,0		21	21	nc	SM	85	23	0,62	34	-	31,5		1,30	1,10	248	125	0,35	338
S1	9,0	20,0		15	15	nc	SM	100	15	0,49	32	-	27,2		1,30	1,10	243	120	0,35	324
S1	10,5	20,0		16	16	nc	SM	115	15	0,49	32	-	27,9		1,30	1,10	253	131	0,35	352
S1	12,0	20,0		29	29	nc	SM	130	25	0,65	34	-	37,4		1,30	1,10	287	169	0,35	455
S1	13,5	20,0		36	36	nc	SM	145	29	0,70	34	-	42,5		1,30	1,10	305	190	0,35	513
S1	15,0	20,0		23	23	nc	SM	160	18	0,54	33	-	33,0		1,30	1,10	289	170	0,35	460
S1	16,5	20,0		28	28	nc	SM	175	20	0,58	33	-	36,6		1,30	1,10	305	189	0,35	511
S1	18,0	20,0		57	57	nc	SM	190	40	0,83	36	-	57,8		1,30	1,10	350	249	0,35	674
S1	19,5	20,0		38	38	nc	SM	205	25	0,65	34	-	43,9		1,30	1,10	332	224	0,35	606

Firmato digitalmente da
Angelo Mussi
O = Ordine Ingegneri Provincia di Monza e della Brianza
C = IT